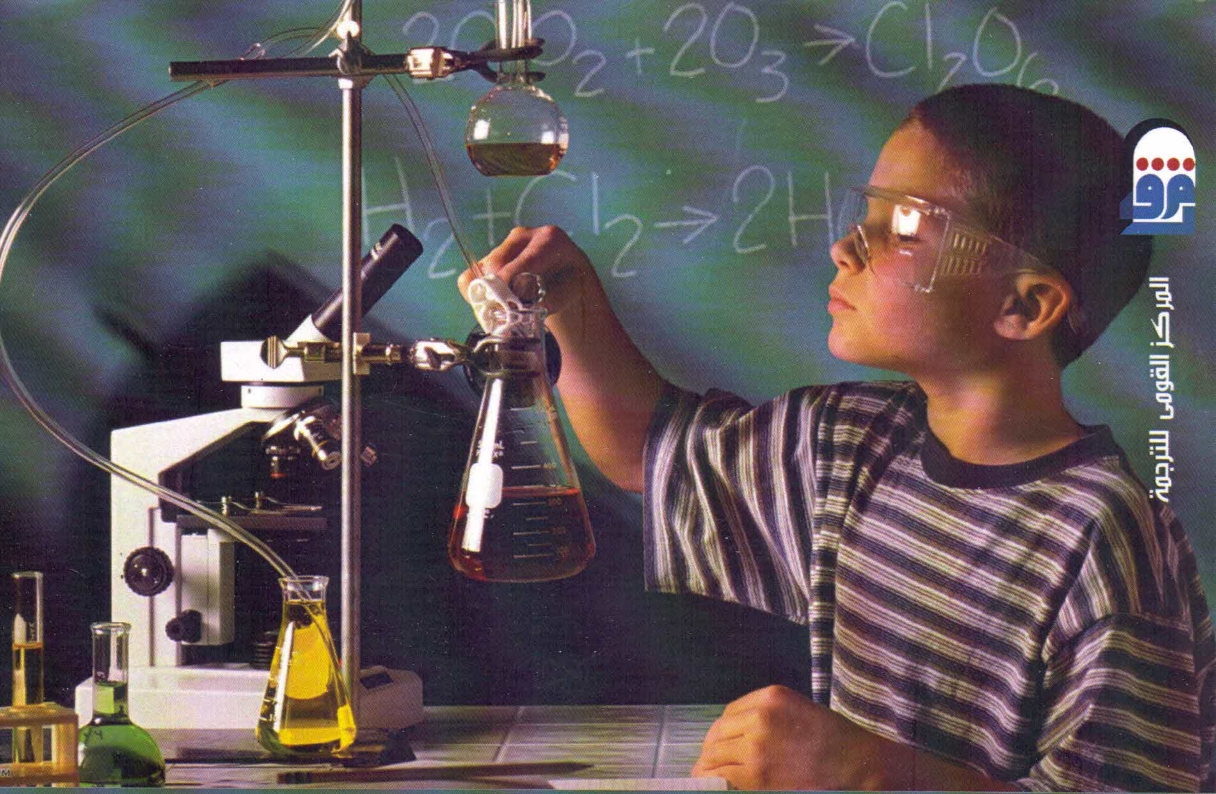


المركز القومى للترجمة

لماذا العلم؟

كى نعرف، ونفهم، ونعتمد على النتائج

تأليف: روجر جى. نيوتن

ترجمة: شوقى جلال

2717

لماذا العلم ضرورة حياة؟ لماذا محو الأمية العلمية؟ نراه السؤال الأكثر إلحاحًا ودلالة فى مجتمعات عجزت عن أن تمحو بالكامل الأمية الأبجدية لشعوبها، فضلاً عن ضرورة محو الأمية العلمية والأمية الحاسوبية أو الرقمية.

العلم ليس مجرد اكتساب معلومات علمية أو حيازة ذهنية لمعلومات مادية وتكنولوجية، وإنما منهج فى فهم ودراسة الواقع اعتمادًا على العقل الناقد بهدف التدخل التجريبى للتغيير.

والسؤال الأبدى الذى نكرره، أجيالاً وراء أجيال: لماذا تخلفنا وتقدم غيرنا؟ والإجابة يسيرة: السبب غربة العلم فى حياتنا وغربة المستقبل أو غيابه عن إرادتنا.

من هنا تأتى أهمية الكتاب الذى بين أيدينا فى التتبع التاريخى لرغبة البشرية فى معرفة وفهم العالم من حولنا عبر مراحل التاريخ المختلفة حتى يومنا هذا.

تصميم الغلاف: عصام عبد الرحمن

لمـاذا العلم؟

كى نعرف، ونفهم، ونعتمد على النتائج

المركز القومى للترجمة
تأسس فى أكتوبر ٢٠٠٦ تحت إشراف: جابر عصفور
مدير المركز: أنور مغيث

- العدد: 2717
- لماذا العلم؟ كى نعرف، ونفهم، ونعتمد على النتائج
- روجر جى. نيوتن
- شوقى جلال
- الطبعة الأولى 2015

هذه ترجمة كتاب:
Why Science?
To Know, to understand and to rely on results
By: Roger G. Newton

شارع الجبلاية بالأوبرا- الجزيرة- القاهرة. ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ فاكس: ٢٧٣٥٤٥٥٤
El Gabalaya St. Opera House, El Gezira, Cairo.
E-mail: netegypt@netegypt.org Tel: 27354524 Fax: 27354554

لماذا العلم؟
كى نعرف، ونفهم، ونعتمد على النتائج

تأليف: روجر جى. نيوتن
ترجمة: شوقى جلال

2015

بطاقة الفهرسة

إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية

إدارة الشئون الفنية

نيوتن؛ روجر جي

لماذا العلم؟ كي نعرف ونفهم ونعتمد على النتائج

تأليف: روجر جي. نيوتن؛ ترجمة: شوقي جلال

ط ١ - القاهرة - المركز القومي للترجمة؛ ٢٠١٥

ص؛ ٢٤ سم

١- العلوم - فلسفة

(أ) جلال ، شوقي (مترجم)

(ب) العنوان ٥٠١

رقم الإيداع ٢٠١٤/٢٧٣٢٥

الترقيم الدولى 978-977-92-0063-7

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

المحتويات

غربة العلم والمستقبل فى حياتنا

لأى هدف نَجِدُّ فى حياتنا؟ هل نتحلى بجرأة العودة بفكر منهجى علمى إلى الذات والمراجعة النقدية للدور والفعل والفكر - إن وُجدت- فى التاريخ وفى الواقع الحالى استشرافا لمستقبل ما؟ ما المؤشرات فى حياتنا ذات المصداقية التى تؤكد، أو تشير من بعيد، إلى أننا نستوعب روح العصر، وهو العلم، وأننا على الطريق نحو مستقبل مرسوم بإرادتنا؟ ما الفكر وما الفعل الاجتماعيان اللذان يكفلان لنا المنافسة والتحدى فى الماراثون الحضارى، خصوصا بعد أن تكثف الزمان والمكان عالميا بحكم ثورة الاتصالات، وأصبح العالم كله يسابق ويصارع بروح العلم والتكنولوجيا والعقل العلمى فى ساحة محدودة ومكشوفة توصف بالقرية، بعد أن كانت- حتى بضعة عقود- عالما فسيحا غير متناهى الأبعاد، يضم شعوبا لا يعرف بعضها عن بعض كثيرا أو قليلا.

إننى، عند النظر إلى المجتمعات، أمايز بين حالين: الوجود والبقاء... الوجود مشروع إرادى قائم على الفكر والفعل الاجتماعيين معا، تأسيسا على أعلى مستوى لإنجازات حضارة العصر. والبقاء هو حياة الاطراد العشوائى... اطراد عاطل من فعل الإبداع والتجديد... امتداد متجانس فى المكان بغير زمان، حيث لا تغيير.

ولهذا قلت فيما سبق(*)، المجتمعات، أو لنقل الثقافات الاجتماعية، صنفان، والتصنيف ليس قدرا أبديا، وإنما السيادة والغلبة لهذا أو ذاك رهن شروط وجودية للنهوض أو الانحسار. أقول صنفين هما: ثقافة الوضع، وثقافة الموقف. ثقافة الوضع قانعة بحالها، راضية برصيدها التاريخى الموروث... والمعرفة عندها، أو قل العلم الأسمى، لا يتجاوز حدود تأمل هذا الرصيد وأقوال الأولين، والأمل عود على بدء...

(*) شوقى جلال، الترجمة فى العالم العربى: الواقع والتحدى - ط ٢، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة ، ٢٠٠٤ .

ومن ثم عزوف عن الإبداع والتجديد... والزمان امتداد متجانس، فارغ من الأحداث، إلا الحدث الأول والأهم فهو بداية التاريخ وغايته.

وثقافة الموقف إرادة واختيار، والإرادة فعل، والاختيار وعى عقلانى وعزم على التغيير والتجديد، وفهم لمجريات الأحداث والظواهر، وتراكم متجدد متطور لرصيد المعلومات والمعارف، ومن ثم تطور وارتقاء مطرد للهوية الثقافية التى هى عين الفعل الاجتماعى النشط فى الزمان، وليس السكون والبحث عن هوية مجهولة فى غيابات التاريخ.

ثقافة الوضع تقف على قارعة طريق الحياة، تتأملها تجليات لإرادة من خارجها، وثقافة الموقف تخوض غمار لجج نهر الحياة الصاخب الدافق، تتجدد وتتغير، وتبنى وتتحدى وتستجيب، تأسيسا على الفهم والوعى والعقل الحر الناقد الفعال، إنها إبداع الحياة وصناعة التاريخ. والآن، وقد أصبح العلم والتكنولوجيا- بعد أن بلغا مرحليا ذروة تاريخية فاصلة- أداة صناعة الوجود وبناء المستقبل، وموضوع الصراع والمنافسة والتعاون فى آن واحد بين شعوب العالم؛ وأصبحا كذلك محور المراجعة الذاتية لمن شاء الحفاظ على موضع الصدارة أو اكتساب القدرة على اللحاق فى الماراثون الحضارى، وتأسيس حياة إنسانية كريمة للشعوب تمثل دعامة الانتماء ومضمونه... ومن هنا آثرنا تقديم هذا الكتاب لنرى أنفسنا بعقل نقدى فى مرآة الآخر.

* * *

ولكن لماذا العلم؟ لماذا الفهم المعرفى العلمى؟ ولماذا الإنجاز البحثى العلمى ضرورة حياة؟ ولماذا الثقافة العلمية كثقافة عامة؟ لماذا محو الأمية العلمية؟ وهذا هو ما نراه السؤال الأكثر إلحاحا ودلالة فى مجتمعات عجزت عن أن تمحو بالكامل الأمية الأبجدية لشعوبها، فضلا عن ضرورة محو الأمية العلمية والأمية الحاسوبية أو الرقمية.

ليس العلم مجرد اكتساب معلومات علمية أو حيازة ذهنية لمعلومات وحيازة مادية لتكنولوجيا، ولكن العلم الذى يمثل الآن روح العصر، هو منهج فى فهم الواقع ودراسته

اعتمادا على العقل الناقد بهدف التدخل التجريبى للتغيير. والعلم هنا أبنية معرفية نسقية... العلم ظاهرة اجتماعية ثقافية، وذلك باعتباره نسقا معرفيا متحدا مع بنية المجتمع وأنشطته. إنه ليس معارف متفرقة، بل منهجا موظفا فى خدمة بنية المجتمع يعمل على تماسكها واطراد تقدمها، ومواجهة تحدياتها ورسم معالم مستقبلها. ولهذا هو مؤسسة اجتماعية وعنصر حضارى، أى ركيزة البناء الحضارى.

وروح العصر هى المعرفة العلمية النسقية التى هى نمط خاص من علاقة الوجود الإنسانى بالطبيعة وبالنفس وبالمجتمع... علاقة النظر والنظرية... صياغة قوانين وقواعد تكشف عن اطراد الظاهرة وتحولاتها، والإجابة عن السبب والكيف والقدرة على التنبؤ والإفادة العلمية بذلك فى الحياة الاجتماعية. والتفكير العلمى المنهجى، أو ثقافة العلم، هى ثقافة نهمة إلى المعرفة أو مغامرة المعرفة. التفكير العلمى مدفوع بقوته الذاتية وبإنجازاته إلى المزيد. إنه نقيض ثقافة الاكتفاء الذاتى أو ثقافة الحقيقة المطلقة التى تقتل الفضول المعرفى وتعتمد التفكير الاختزالى برد الظواهر إلى علل خارجها، ومن ثم يستحيل على المرء والمجتمع التحكم فى شؤون حياته. وثقافة العلم هى ثقافة التغيير، تغيير العالم عن وعى وإرادة، وليس مجرد فهمه أو تأمله أو فك طلاسمه أو النظر إلى الظواهر باعتبارها إعجازا. لذلك هى ثقافة قوة الإنسان وتمكينه والثقة بالنفس، والقدرة على البحث والابتكار والتحدى والتغيير ورسم المستقبل. وثقافة العلم هى ثقافة الإيمان بقيمة الإنسانية، وبناء الإنسان، لذا هى ثقافة الديموقراطية.

والعلم أداة تحقيق الذات عن وعى ثقافيا واقتصاديا وسياسيا، وأداة الدفاع عن النفس وكفالة الأمن والانتصار فى صراع الوجود... هو أداتنا للتعبير عن الهوية وتأكيد أصالتها بعيدا عن تهويمات أيديولوجية، لأن الهوية فى جوهرها فعل الذات الواعية... فعل إنجاز "النحن" المجتمعية فى الاستجابة للتحديات بلغة حضارة العصر وقدراتها، وبذا تدعم الانتماء وترسخ عوامل تلاحم بنية المجتمع.

السؤال الأبدى الذى نكرره، أجيالا وراء أجيال: لماذا تخلفنا وتقدم غيرنا؟ والإجابة يسيرة... السبب غربة العلم فى حياتنا وغربة المستقبل أو غيابه عن إرادتنا.

نعانى أعراضا مزمنة هى بيت الداء حضاريا... نجملها فيما يلى:

- غياب قيمة مغامرة المعرفة واكتشاف المجهول وحرية السؤال والبحث وحق الاختلاف، وأن التنوع إثراء للفكر وازدهار حضارى... وهى قيمة يجرى غرسها من خلال التنشئة الاجتماعية والتنشئة التعليمية فى المدرسة لتصنع مناخا عاما.

- غياب سياسة علم وتعليم تحقق للمجتمع، بفضل ومن خلال مواطنيه، أهلية الاندماج والتكامل مع الشبكة العالمية للإنجاز العلمى والتكنولوجى وامتلاك قدرة تحقيق المصير والأمن القومى وإرادة الفعل.

- هجرة الباحثين العلميين إلى الخارج، حيث يجدون ذواتهم فى الفرص المتاحة للتعبير عن قدراتهم واستثمارها بدلا من حياة الغربة فى الوطن.

- غياب الحداثة كرؤية وهدف مرسوم، ومن ثم غياب آليات التحديث فى كل أنشطة المجتمع، وغياب الإيمان بأن التحديث فى صورته المتكاملة، أعنى حضارة الصناعة ومجتمع المعرفة، هما السبيل لعلاج أمراضنا. ولكن تعيش المجتمعات العربية مسيرة اقتصاد الريع، وهو نقيض حضارة الصناعة ومجتمع المعرفة. إذ غير خافية طبيعة الرابطة العضوية المكثفة بين الإنتاج الصناعى والبحث العلمى، وإنتاج المعرفة ومقتضيات ذلك سياسيا واجتماعيا وتعليميا...إلخ.

- تعانى المجتمعات العربية من غياب التمويل اللازم للبحث العلمى والتطوير، وتكفى الإشارة إلى أن ما تخصصه فى هذا المجال لا يزيد على ٠,٥ فى المائة من إجمالى الناتج القومى، بينما هو فى البلدان الناهضة والمتقدمة يتراوح بين ٢,٥ فى المائة و ٣ فى المائة. وغير خافٍ أن طبيعة البحث العلمى الآن شديدة التعقد فضلا عن أنه يمثل شراكة كوكبية تعبر عنه علاقات عضوية بين

الأكاديميات والجامعات وبين العلماء كأفراد أو المؤتمرات أو النشرات العلمية.

- غياب علاقات التفاعل مع العالم الخارجي المتقدم، وهي آلية الاطلاع على الجديد والمساهمة في الإنجاز والمشاركة العضوية والتطوير لنوعية المنتج وتطوير الفكر.

- غياب التعاون العلمي بين البلدان العربية على الرغم من إدراك المسؤولين لأهمية هذا التعاون. وسبق انعقاد مؤتمر في الرباط العام ١٩٧٦ برعاية "ألكسو"، وقرر المسؤولون اعتماد ٥٠٠ مليون دولار لأغراض البحث والتعاون ولكن لم يتحقق شيء.

- غياب الإحصائيات الموثقة عما يمكن أن نسميه النشاط العلمي العربي... بل وغياب الإحصائيات الموثقة عن الأنشطة الاجتماعية، وغياب حق الحصول على المعلومات إن وجدت، بينما هي قاعدة البحث العلمي الجاد وأساس لتحديد صورة الواقع ورسم صورة المستقبل.

- ارتفاع نسبة الأمية الأبجدية في عديد من المجتمعات العربية وشيوع الأمية الثقافية العلمية والأمية الحاسوبية، وهو ما يعني غياب المواطن، القيمة والدور والفعل، وغياب الثقافة التي تؤهله ليكون فاعلا ومشاركا إيجابيا بفضل الثقافة العلمية، أي بفضل الفهم العلمي لقضايا الإنسان، المجتمع، والطبيعة والكون من حولنا، وكما يقول المؤلف: "تعليم العلم يهدف إلى تحسين الرصيد القومي من المواطنين ذوي الكفاءة والأهلية لممارسة الديموقراطية، ومناقشة القضايا القومية، تأسيسا على فهم علمي للقضايا والعالم من حولنا. الديموقراطية لا تستقيم في مجتمع تسوده أمية علمية، بينما نواجه قضايا قومية وعالمية تكتسب، أكثر فأكثر، أبعادا علمية وتقنية... والسؤال: كيف نخلق مواطنين قادرين على ممارسة حقهم الديموقراطي بكفاءة، والمشاركة الإيجابية الواعية بفضل الثقافة العلمية؟

وحرى بنا أن ندرك أن ثقافة العلم لا تنشأ ولا تسود لتمثل مناخا عاما إلا فى مجتمع منتج للعلم، هو وطن للعلم، ومن ثم تكون ثقافة العلم عامل دعم وحفز نحو المزيد... المزيد من الإنجاز، والمزيد من الاستمتاع بالحياة، من حيث الفهم لظواهر الحياة، والفهم لقواعد إدارة الحياة.

شوقى جلال

القاهرة ٢٠١٤

مدخـــــل

هدف هذا الكتاب التتبع التاريخى لرغبة البشرية فى معرفة العالم من حولنا وفهمه عبر مراحل التاريخ المختلفة حتى يومنا هذا. لقد أصبح العلم اليوم أمرا معترفا به فى كل أنحاء العالم - أو فى عالم الغرب على الأقل- باعتباره أهم وسيلة يمكن الاعتماد عليها.

بداية بالمشهد المهيب الملهم لما نراه بانتظام على صفحة السماء، نجد أن الثقافات التى أعلت من قيمة المعرفة التى نحصلها عن طريق الملاحظة وليس اعتمادا على سلطة التقليد، خلقت لنا تراثا يعتز بالفهم وليس مجرد المعرفة، وأحكى هنا كيف أن هذا من شأنه عمليا أن يتطور ليصبح فى صورة ما نسميه الآن العلم. هذا على الرغم من أن استعمال الكلمة قريب نسبيا. وفى محاولتى لاستعراض محتوى هذا التاريخ أعرض فى الفصل الأول بعضا من الاكتشافات الواسعة لسطح الأرض والرحلات الطويلة التى قام بها فى أغلب الأحيان الفايكنج والصينيون والإسبانيون والبرتغاليون داخل مجاهل القارتين الأمريكية والأفريقية وقد كانت غير معروفة لهم وقتذاك؛ ثم إلى القطبين الشمالى والجنوبى. وبعد ذلك رحلات تغوص فى أعماق المحيطات والتى بدأت أول الأمر قصد المعرفة. وأوضح كيف أن عمليات الاستكشافات بالعين، بعد اختراع التلسكوب، تحولت لاستكشاف سطحى القمر والمريخ، وأمكن بعد ذلك حمل المستكشفين عبر متن الصواريخ إلى سطح القمر.

ونتحول فى الفصل الثانى إلى الأسلوب العلمى فى المعرفة ولماذا أصبح هو الأسلوب الأعلى قيمة. وعرضت لأمثلة تضم ستا من مشاهير العلماء هم شارلس

داروين، وجريجور مندل، ولوى باستير، وميشال فاراداى، وماكس بلانك، وإنريكو فيرمى مع عرض إسهاماتهم لتفيد كأمثلة تؤكد ما ذهبنا إليه.

وأختم بالفصل الثالث والأخير حيث أعرض التطورات التى جعلت من الفيزياء المبحث العلمى الأكثر أساسية بين العلوم. ونعرف أنه مع مستهل القرن التاسع عشر عمد عالم الكيمياء العظيم همفرى دافى إلى إلقاء عدد من المحاضرات العامة التى أكد فيها أن الكيمياء هى العلم الأساسى وقاعدة جميع علوم الحياة. بيد أنه وخلال القرن ذاته والذى يليه بدأت الفيزياء تعنى بجدية عالية بدراسة وجود الذرات وشرعت (بمساعدة ميكانيكا الكم والكوانطا) فى استكشاف البنية الداخلية للذرة وحققت نجاحا فى ذلك، هنا بدأت الكيمياء تعتمد بقوة على الفيزياء، وأكثر من ذلك أن الفيزياء النووية والفيزياء الجسيمية ونظرية النسبية أفادت فى توسيع مدى الفيزياء لتصل إلى جميع الأجرام السماوية وحركاتها بحيث أضحت الفيزياء أيضا أساسا لمبحث الكون Cosmology. وبدا واضحا، كما أؤكد هنا، أن الفيزياء من بين جميع مباحث العلم هى فى أن واحد المبحث الأكثر أساسية والأوسع مدًى ونطاقا. وأناقش أخيرا مسألة سجالية وهى ما إذا كانت هذه الخاتمة تقع فى خطيئة النزعة الاختزالية؛ وإذا كان ذلك كذلك لماذا لم تتسبب فى الوقوع فى خطأ.

إننى مدين كثيرا لزوجتى روث لما قدمته لى من مساعدة تحريرية عظيمة القيمة والقدر.

-١-

نريد أن نعرف

الفضول المعرفى هو جوهر الحياة. الحيوانات لا تستطيع العيش بدون معرفة ما هو الشىء المباشر الذى يمكن أن تستخدمه، وما هو اللازم لبقائها: أين تجد الطعام، وكيف تتجنب الحيوانات المفترسة، وأين تجد قريناتها ..إلخ. بيد أن النوع البشرى يختلف عن الحيوانات الأخرى لأننا نشعر بالظمأ إلى المعرفة التى تتجاوز كثيرا حاجاتنا الشخصية. نحن نتطلع حولنا فى تعجب وتساؤل. تأخذنا الدهشة بلا هدف محدد ونحن نتطلع إلى كل ما يحيط بنا قريبا كان أو بعيدا. بيد أننا نريد أن نفهم كل شىء. حقا نحن نخاف المجهول. وإن هذا الإحساس بالدهشة وهذه الرغبة الملحة فى الفهم ليست وحدها ما يجعلنا بشرا بل إنها أيضا حجر أساس لبناء الحضارة. ويغدو إشباع فضولنا المعرفى أيسر وأكثر فعالية حين يكتمل بحثنا عن الإجابات والاحتفاظ بها فى ذاكرة عامة حاضرة ونضع ذلك كله فى بناء منظم بحيث يساعدنا على التحول من جماعات بدائية إلى اتحادات تاريخية ضخمة نسميها حضارات مثلما كان الحال بالنسبة للحضارات الصينية والبابلية والمصرية وحضارة المايا والحضارة الهندية والإغريقية القديمة والحضارة الغربية الحديثة وربما حضارات أخرى لم تخلف لنا آثارا تسجل تاريخها.

وإذا كان هناك الكثير المشترك بين الحضارات المختلفة المعروفة لنا تاريخيا إلا أنها اختلفت أيضا وبشكل أساسى من جوانب عديدة. ونعرف أن أحد الفوارق

الأساسية التى تمايز بين البعض منها تمثل فى سعيها للمعرفة إذ اعتادت أن تركز انتباهها على جوانب مختلفة من بيئتها؛ وأكثر من ذلك أنها التمست سبلا مختلفة فى بحثها عن هذه المعرفة. وجدير بالذكر أن الأوجه المميزة للبيئة المحيطة بها وما يدركونه من قسمات مميزة للعالم والتى اعتبرها مفكرو الحضارة وفلاسفتها أمرا مهما جديرا بالدراسة العميقة وجديرة بأن تكون موضوعا لتعليم تلامذتهم لكى تحتل مكانها اللائق فى الذاكرة كل هذا اختلف من حضارة إلى أخرى مثلما اختلف من عصر إلى آخر. كذلك اختلفت كثيرا وعميقا أفكارهم عن الكيفية التى يشرعون بها فى مثل هذه الدراسات.

ونذكر هنا الفلسفة الكونفوشية فى القرن السادس ق.م. فى الصين وصاحبة التفوق التاريخى فى التفكير الصينى دون أدنى مبالغة فى تقييمها. ركزت هذه الفلسفة أولا وأساسا على المتواضع عليه أخلاقيا واجتماعيا من حيث تنظيم المجتمع الإقطاعى الصينى التقليدى -مراتبه وامتيازاته- وبيان كيف نضمن اطراده أبديا. ولم يبد فلاسفة الكونفوشية أى اهتمام للطبيعة وما يمكن أن نكتشفه فيها عن طريق الملاحظة. وبات لزاما على الصين أن تنتظر ثلاثة قرون إلى حين ظهور الصوفيين الطاويين المعارضين للفلاسفة الكونفوشيين. وأدرك الطاويون أن المعرفة التى نكتسبها عن طريق الانتباه الوثيق للعالم الخارجى جديرة بالعمل على تحصيلها والتفكير فيها بأسلوب منهجى. ويعلق على هذا جوزيف نيدهام مؤرخ الحضارة الصينية بقوله: "كانت الطاوية منظومة التصوف الوحيدة التى لم ير مثلها العالم والتى لم تكن مناهضة بعمق للنظرة العلمية".

وحدث كثيرا جدا أن أثرت المعتقدات الدينية وبقوة فى القرارات التى يتخذها الناس بشأن ما يستحق أن يدرسوه وأن يعرفوه. ومثال ذلك ما حدث فى الحضارة الهندية حيث كان الأمير جواتاما، بوذا، وأعلن نبذه لكل الخرافات، وأبدى احترامه للعقل وأصبح الصدق العقلانى مؤثرا وبقوة كأساس للدين. ولكن نظرا لأن بوذا لم يكن مهتما بالطبيعة ولا بالفضول المعرفى بشأنها فإن فكره أدى إلى تراجع الانتباه للعالم الخارجى فى الحضارة الهندية. ولكن مذهب اليانية وحده، وهو فرع صغير نسبيا من

البوذية، الذى وجه جل اهتمامه بالقضايا الأخلاقية والسلوكية، ولذا أبدى اهتماما كبيرا بالطبيعة كفرع عرضى.

وكان تحصيل المعرفة العلمية بطيئا للغاية فى أوروبا المسيحية خلال العصور الوسطى وقتما كانت الطبقات المتعلمة واقعة بين يدى الكنيسة. ومع ذلك فإن ما توفر وقتذاك من هذه المعرفة وكان جله من موروثات الإغريق القدامى، تم الحفاظ عليه وتشجيعه على الرغم من تلك الأحداث المخجلة من مثل محاكمات جيور دانو برونو وجاليليو جاليلى. وجدير بالذكر أن العالم الإسلامى الذى عرف فى البداية فترة ازدهار ثقافى عظيم من مساهمات جديدة فى مجال العلم والرياضيات وحقق تقدما ملحوظا ومهما تجاوز كثيرا ما حققته أوروبا المسيحية وقتذاك. بيد أن العالم الإسلامى عانى بعد ذلك من انحسار شديد وتراجع فى مجالات المعرفة هذه. ولا تزال أسباب هذا التغير الفجائى غير معروفة لدرجة كبيرة. ونجد من ناحية أخرى الثورة الكوبرنيكية فى علم الفلك. وأعقبها وصف كيبلر الأكثر دقة لحركة الكواكب. واعتبر الباحثون هذه الإنجازات حدثا ثوريا من وجهة النظر الفلسفية وواجه فى البداية معارضة قوية داخل أوروبا المسيحية. والملاحظ أنه لا المسلمين ولا الصينيين أو الهندوس ضاقوا فلسفيا أو دينيا بالأفكار الجديدة إذ رأوها مجرد منظومة محسّنة لوضع تقويم سنوى أكثر دقة.

وعلاوة على الاختلاف بين موضوعات المعرفة التى تلتمسها كل حضارة يوجد أيضا اختلاف جوهرى بين سبيلين لاكتساب وتتبع المعرفة! هناك أولا ما سمى لاحقا "المعرفة الكتابية book learning" أى المعرفة القائمة على سلطة الكلمة المنقولة كتابة أو شفاهة، وهناك من ناحية أخرى المعرفة المؤسسة على الملاحظات أو المشاهدات المستقلة للعالم من حولنا. وجدير بالذكر أن التناقض بين هذين الأسلوبين فى التماس المعرفة طبع أيضا بطابعه الصراع بين الكونفوشية والطاوية فى الصين. إذ اعتمدت الكونفوشية فى الغالب الأعم على القواعد المسطورة أو المنقولة شفاهة على مدى السنين. هذا بينما وجهت الطاوية انتباهها إلى الخارج أى إلى عالم الطبيعة كما نراه.

وطبيعى أن جميع الثقافات لها أساطيرها القديمة التى اعتبرها أصحابها معرفة تاريخية مع التسليم بأنها حقائق واقعة. مثال ذلك ما نراه فى أرض ما بين النهرين "ميزوبوتاميا - العراق الآن" حيث تم تناقل قصة جلجامش وتذكرها فى صورة قصيدة طويلة. كذلك الحال عند الإغريق القدماء إذ نجد هوميروس والإلياذة والأوديسا والتاريخ المزعوم عن حرق طروادة. ونجد لدى الهندوس كتاب البهاجفاد جيتا Bhagavad Gita. ونقرأ بعد ذلك بفترة طويلة أساطير القبائل التيوتونية Teutonic المتضمنة فى أساطير النيبلونجن Nibelungen(*)، وأساطير بيوولف Beowulf(**) وخرافات التنانين. ولدى شعب إسكانديناده حكاياتهم عن الفايكنج ومآثرهم. وتروى الديانات الإبراهيمية الثلاثة قصصا عن خلق العالم والطوفان والتى يعتبرها كثيرون بمثابة حقائق معروفة.

ولكن بات واضحا أن المعرفة المؤسسة فقط على الملاحظة والمشاهدة دون السلطة أو الأسطورة أو القصص القديم هى التى قادتنا عمليا إلى ما نعرفه اليوم باسم العلم وما ترتبت عليه من نتائج. ومن ثم هناك صراع بين نوعى المعرفة، أحدهما معرفة مؤسسة على السلطة التقليدية المتوارثة، والآخر معرفة مكتسبة بالتجربة وجرى التحقق منها تجريبيا. وتسبب هذا الصراع فى عداوات اجتماعية شديدة مستمرة حتى يومنا هذا، كما تسبب فى شن حروب ضد الداروينية. وليسمح لنا القارئ أن نركز الاهتمام على المعارف المكتسبة عن طريق ملاحظة العالم من حولنا.

التطلع إلى السماء

أوجه الطبيعة التى على الأرجح تجذب أكثر من غيرها انتباه أى مراقب جاد هى تلك الظواهر التى تتكرر بشكل منتظم. وأكثر هذه إثارة هى تلك التى نراها

(*) Nibelungen أساطير جرمانية عن سلالة أقزام تعيش تحت الأرض لديها ثروات مهولة أخذها منهم سيجفريد.

(**) Beowulf بطل ملحمة إنجليزية قديمة مجهولة المصدر [the American Heritage Dict.]

على صفحة السماء، الشمس تشرق كل صباح، وتأخذ سبيلها ببطء عبر السماء فى مسار واحد كل يوم، لتغرب مع المساء. ونشاهد فى الليل النجوم والقمر بأطواره المتغيرة يتحرك بالمثل على صفحة السماء بانتظام مذهل.

ونعرف حتى الآن أن البابليين على ما يبدو هم أول من تجاوزوا حدود الاستغراب والتساؤل وأجروا عمليات رصد للظواهر السماوية وسجلوها. وأول أداة مستخدمة لهذا الفرض هى الميل أو عقرب المزولة الشمسية Gnomon وهى عبارة عن عصا صغيرة مثبتة رأسيا فى الأرض أو قطعة حجر كبيرة على هيئة عمود حوله مساحة مفتوحة بوضوح. ويرصد المؤشر أو العقرب حركة الظل الساقط بالجسم الرقيق على الأرض. ومع شروق الشمس وحركتها عبر صفحة السماء يكون الظل فى الصباح طويلا ويشير تجاه الغرب، ثم يقصر إلى أدنى حد له فى منتصف النهار، وذلك قبل أن يمتد ويطول الظل ثانية ويشير تجاه الشرق عند قرب حلول المساء. وهذه بوصلة مفيدة وأكثر دقة تغنى عن النظر إلى الشمس. وليس الأمر مقصورا على تحول الظل وهو يشير فى اتجاه دائرى على مدى النهار -إذ لم تكن بابل تحتل موقعا عند خط الاستواء حيث يتغير الظل طوليا بل كان يدور حول نفسه- وبذا خلق طريقة لقياس الوقت أثناء النهار لأول مرة. وهيأت هذه الأداة البسيطة معارف بقيت مع الزمن كالمزولة أعطت معلومات مفيدة تجاوزت حدود الأفكار الغامضة عن تقدم الوقت/ الزمن والتى كانت موجودة قبل ذلك بزمن طويل. وسرعان ما اكتشف الإنسان المزيد من الوسائل النافعة والملائمة لاستخدام حركة الظل لقياس الوقت وبذا أمكن بناء أول الساعات الشمسية. وظهرت عقب ذلك الساعات المائية التى يمكن أن تعمل حتى فى الليل لأنها تقيس الوقت من خلال تدفق الماء وسيلانه إلى الخارج.

ولكن الملاحظة الدقيقة أوضحت أن ظل عقرب المزولة ليس واحدا من يوم إلى آخر. ليس فقط لأن اتجاهاته صباحا ومساء تختلف وتتغير شيئا ما اعتمادا على الفصل السنوى بل وأيضا بالنسبة لأدنى طول له فى منتصف النهار. أو لنقل بعبارة أخرى إن ظل عقرب المزولة لا يمكن استخدامه فقط مقياسا للوقت طوال النهار بل ومقياسا

للوقت فى السنة من حيث طول زمن الربيع، ومدى الزمن الباقى لغرس المحاصيل، ومدى الزمن الباقى لحلول موسم الحصاد وغير ذلك من أمور شديدة النفع وتمثل معلومات تطبيقية مفيدة.

وهكذا نجد أن السعى فى الأزمنة الباكرة لاكتساب المعارف الفلكية حفزت إليه إلى حد كبير فائدة هذه المعرفة لقياس الوقت ووضع التقويم السنوى –وأفادت أطوار القمر بوجه خاص فى تسجيل الدورات الشهرية وأفاد تواترها لقياس الزمن فى السنة ومن ثم عمل تقويم سنوى اعتمادا على ذلك. وأفاد أيضا فى التنبؤ بموسم البذار وموسم الحصاد والحفاظ بسجلات الأحداث المهمة. بيد أن اكتشاف أن السنة تحددت اثنى عشر شهرا قمريا لم يتطابق تماما مع دورية المواسم مما استوجب ضرورة التدقيق الشديد للتطابق مع القياسات الفلكية، بل وإدخال تصويبات معقدة لضمان اطراد النفع بالتقويم السنوى. واكتسب البابليون مهارة فائقة فى عمليات الرصد والتى كانت أقل كفاءة بكثير من حيث عمليات الرصد الدقيقة اعتمدت على سجلات بابل ولمدة قرون طويلة. "ومع هذا فإن سجلا تفصيليا عن مواقع كل الأجرام السماوية فى تواريخ محددة سوف يسمى فيما بعد باسم إغريقى هو الزيج ephemeris وهو تقويم فلكى يعطى إحداثيات جرم سماوى فى أوقات معينة". واطرد تقدم علم الفلك فى الصين أيضا تحت رعاية الحكم الإمبراطورى، وذلك لغرض محدد وهو وضع تقويم سنوى معتمد والحفاظ عليه.

وطبيعى أن رصد السماء ليلا بنجومها الكثيرة التى يتلألأ بعضها ويشع نورا بحيث تكون مرئية أكثر من سواها أفاد فى تحقيق أغراض عملية أيضا. ووضح مع الملاحظة الدقيقة أن بعضها ينتقل مكانه من ليلة إلى أخرى، بينما بعضها الآخر ثابت. وتستطيع السفن أن تحدد وجهتها بفضل معرفة موقع النجم القطبى الشمالى. ونعرف أن الزراعة فى مصر القديمة استعانت برصد وقت ظهور نجم الشعرى اليمانية Sirius أو dog star وهو النجم الأكثر سطوعا ضمن مجموعة الكلب. وأفاد هذا فى التنبؤ بموعد فيضان النيل. ولكن يجب ألا نخلص من ذلك إلى أن الفلك أفاد حصر أغراضا نفعية عملية.

اعتاد الإنسان أن يحدق فى صفحة السماء المغطاة بالكثير من النجوم الضخمة المختلفة، وألهمه ذلك بتكوين مجموعات من الكوكبات أو الأبراج الخيالية التى تشبه حيوانات حقيقية أو أسطورية من مثل الدب الأكبر ursa major (ويسمى أيضا Big Dipper) والذئب وغيرها كثير مثل التوأمين Gemini أو the Twins. وأكثر من هذا الناس وبدافع الرهبة إزاء ما شاهدوه فى السماء مما جعل خيالهم يذهب بهم كل مذهب وابتكروا قصصا خيالية عن نفوذ السماوات على أقدار البشر ومصائرهم. وظلت دراسة الفلك على مدى آلاف السنين متداخلة وبقوة مع استخدامها فى التنجيم. وأكثر من هذا أن ممارسة الطب اقترنت فى أغلب الأحيان بالمعتقدات المتمثلة فى التنجيم.

ولم يكن كل شىء يتعلق بالاستخدام الأسطورى للفلك فى صورة تخييلات كتلك التى ذكرناها. إذ جرت دراسات جادة على دورات طويلة الأمد تم اكتشافها عبر الزمان وهيأت للفلكيين قدرة على التنبؤ بوقوع ظواهر رهيبة بل ومروعة من مثل الخسوف أو الكسوف للشمس والقمر والتى اقترنت بتداعيات مصيرية حقيقية. ونذكر هنا نبوءة معبد دلفى التى أفاضت فى مديح طاليس الفيلسوف الأيونى وسمت بقدره ليصبح واحدا من حكماء الإغريق السبعة الأسطوريين تأسيسا على نبوءته الناجمة بكسوف الشمس عام ٥٨٥ ق.م. إذ وقع هذا الكسوف فى منتصف معركة بين جيوش الفرس وجيوش ليديا. وشعر الملكان برهبة طاغية عند حدوث الظلام المفاجئ ورأيا فى ذلك إشارة من الأرباب ألزمتهما بعقد سلم مشترك. وهكذا كانت لوقائع السماء أثرها المباشر على العديد من أحداث الأرض المهمة. وطبيعى أن كانت لمزاعم التنجيم آثار أبعد مدى بكثير وادعت أنها مسئولة عن مصائر حياة الأفراد عن وقوع الأحداث بسبب حركات النجوم. ولا ريب فى أن الإيمان بمثل هذه الدعاوى الخيالية عن معرفة نفوذ وتأثيرات لا دليل عليها كان لابد وأن يستمر زمنا طويلا جدا ولا يزال أثره ممتدا حتى يومنا هذا.

وجدير بالذكر أن طاليس، الفيلسوف الأيونى، الذى لقى استحسانا؛ يستحق فى الواقع أن نعزو إليه قدرا كبيرا من الاعتزاز باعتباره أول إنسان عرفناه ويمكن

وصفه بأنه مشروع عالم. ونعرف أن ما ميزه عن علماء الفلك المصريين والبابليين القدامى الذين جمعوا قوائم كبيرة بعمليات رصد دقيقة ولكن دون أى محاولة لفهمها أو تفسيرها، حقيقة واحدة محددة. وهذه الحقيقة أنه سعى دائما لفهم كل ما يراه، واعتاد دائما وأبدا البحث عن المبادئ الأولى الأساسية التى تمثل قاعدة لانتظام الحدث الذى يرصده، وتعرف أنه تصدى لحل مشكلات عملية بأسلوب هندسى من مثل تقدير المسافة الواقعة بين سفينة ما والشاطئ أو ارتفاع بناء معين. بيد أنه لم يقنع فقط بالوصول إلى حيلة هندسية مفيدة بل اعتاد أن يصر على سعيه بحثا عن القاعدة العامة التى يقوم عليها الحل.

ولقد كان لطاليس نفوذه الواسع والشامل على الفكر الإغريقى. والحقيقة أن القول بأن المثلث الذى يتشكل بخيط وله أضلاع أطوالها ثلاث وأربع وخمس وحدات طولية يشتمل على زاوية قائمة تقع بين الضلعين الأقصر. وثمة اعتقاد بأن هذه الحقيقة كانت معروفة لدى المصريين قبل ذلك بزمن طويل واستخدموها فى قياس الأرض. وقادت هذه الحقيقة فيثاغورس للبرهنة على الفرضية المشهورة المسماة باسمه والمعتبرة حقيقة عامة. ولا ريب فى أن العلم الإغريقى مدين لطاليس بدين كبير جدا.

وطبيعى أن أفلاطون وأرسطو هما أعظم فيلسوفين إغريقيين درسا أصل نشأة المعرفة والغرض منها. وامتد نفوذهما منذ القرن الرابع قبل الميلاد، إذ استمر تأثيرهما على الفكر الغربى زمنا طويلا. لا يدخل هنا جاهل بأن الرياضيات هى إذن الدخول إلى أكاديمية أفلاطون. وعلى الرغم من أن فلسفته أثرت سلبا وبشكل كبير على العلم بعد ذلك إلا أن كثيرين من الرياضيين المحدثين لا يزالون يسترشدون بها. وطرحت تعاليمه جانبا كل المعارف التى نتوصل إليها عن طريق الحواس بينما أعلى من قدر وقيمة البصيرة النافذة فقط التى نصل إليها عن طريق الفكر المحض. إن المعلومات التى تتوفر لنا عن طريق الملاحظة والمشاهدة للعالم إنما تزودنا بظلال لا أكثر عن "الواقع"، وإن "صورة المثل الأعلى" التى هى الأساس والقاعدة إنما ندركها عن طريق التفكير فقط. والرياضيات هى وحدها التى تتعامل مع الحق/ الصدق الكامن فى عالم يكون

التوصل إليه عن طريق الفكر المحض. وهذا هو ما كابد من أجله أفلاطون وأعلى من قدره وقيمته دون جميع صور المعارف الأخرى. وانقضى أكثر من ألفى عام لكى يحجب العلم هذه الفكرة العقيم.

واختلف أرسطو تلميذ أفلاطون اختلافا أساسيا مع معلمه المبجل. واقتنع أرسطو بأن "جميع البشر يرغبون فى المعرفة عن طريق الطبيعة. نحن جميعا نبتهج بما تعرضه علينا حواسنا". وعلى نقيض أفلاطون اعتاد أرسطو تعليم تلامذته أن الملاحظة وحدها هى سبيلنا إلى معرفة موثوق بها عن العالم. ومن ثم ظلت بصمته على الفكر الغربى راسخة وامتدت أكثر من ألفى عام. وبدلا من التوصل إلى فهم واضح لأسس فلسفته إذا بهذه الفلسفة تتراجع وتتدهور وتتحول إلى كتب تعليمية عقيم تشتمل على النتائج التى توصل إليها على أساس مشاهدات قاصرة. وبدأت الثورة العلمية فى القرن السادس عشر وقادتنا إلى معلومات موثقة عن حركة الأجرام السماوية، وكذلك الحركة على كوكب الأرض. وثبت أنها مختلفة تماما مع النتائج الخاطئة التى توصل إليها أرسطو، والتى كانت مقبولة ومسلما بها من باب التقليد والتبعية بدلا من الملاحظات المباشرة، وهنا مع بداية الثورة العلمية انتهى نفوذ أرسطو.

رحلات استكشافية

الرغبة فى معرفة ما يحيط بنا، واستكشاف حقيقة العالم الواسع من حولنا كل هذا تجلى فى صورة رحلات استكشافية عظمى لمناطق بعيدة جدا على ظهر الأرض. وأن المسيرات الطويلة للإسكندر خلال القرن الرابع قبل الميلاد يمكن أن نغفلها فى ضوء أغراضنا. هذا على الرغم من أنه أرسل نباتات وحيوانات غريبة إلى معلمه وصديقه أرسطو لكى يدرسها. ولكن أرسطو استهدف الغزو وليس اكتساب المعرفة.

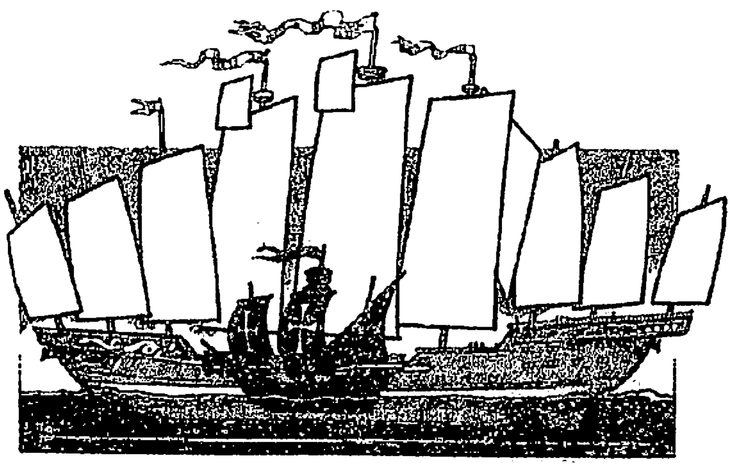
وبعد ذلك بأكثر من ألف عام جاب بحارة الفايكنج كل سطح الأطلسى واقتربوا من شواطئ شمال أفريقيا بل ووصلوا إلى إسطنبول شرقا وجرينلاند غربا. ولكن

على الرغم من أن هدفهم الأساسى هو التهديد والترويع والنهب وليس الاستكشاف والمعرفة فإن الأساطير الجرمانية المؤسسة على مآثرهم لم تمجدهم كباحثين عن المعرفة بل كمحاربين يلقون الروع فى نفوس الآخرين- ولكن كانت هناك استثناءات. إذ حوالى عام ١٠٠٢ أبحر ليف أريكسون Leif Ericson الايسلانى وهو ابن لأب خارج على القانون، أبحر على متن قارب مع قرابة ٣٥ بحارا إلى جرينلاند وما بعدها حتى وصلوا إلى كندا التى نعرفها اليوم. وأقاموا هناك مستوطنة صغيرة فى منطقة نيوفاوندلاند واعتنق الديانة المسيحية أثناء زيارة للنرويج، وهنا أعاده ملك النرويج لنشر المسيحية فى جرينلاند وما بعدها. ولعل أريكسون كان أول رحالة برى أوروبى داخل القارة الأمريكية على الرغم من أن أهدافه لم تكن لها علاقة كبيرة باكتساب المعرفة.

ولعل أول من يحق لنا أن نعتبرهم مستكشفين بمعنى الكلمة هم نيقولو بولو Niccolo Polo وأخوه مافيو Maffeo خلال النصف الثانى من القرن الثالث عشر. ويحدثنا التاريخ عن تجار البندقية (فينيسيا) الذين سافروا شرقا على امتداد طريق الحرير حتى وصلوا إلى بلاط قبلاى خان فى مونغوليا حيث توجد بكين اليوم. وأحسن خان العظيم ضيافتهم ورحب بهم وأكرمهم ثم أعادهم ثانية بصحبة سفير إلى البابا يسأله معلومات عن الأعراق الغربية والمسيحية. وكانت رحلة العودة بالبحر فى أغلبها. وأرسل البابا جريجورى العاشر المعلومات المطلوبة عن طريق بولوس Polos الذى قرر هو وأخوه ماركو البالغ من العمر ١٧ عاما واثنان من الرهبان الدومنيكان، العودة إلى قبلاى خان. ولكن الراهبين خانتهما شجاعتهما وهما فى الطريق ولم يكملا رحلتهما إلى مونغوليا. وقضى بولو وابنه السبعة عشر عاما التالية فى الصين. وأرسل خان ماركو الشاب فى بعثات دبلوماسية عديدة فى مختلف أنحاء إمبراطوريته. وعقب عودة آل بولو إلى وطنهم ألف ماركو كتابا عنوانه Il Milione عن خبراته. وتمت ترجمته إلى لغات عديدة وأصبح شائعا فى جميع الأوساط (هذا على الرغم من أن اختراع الأحرف المتحركة لم يكن قد ظهر بعد فى أوروبا). وإنه بسبب هذا الكتاب نتذكر ماركو بولو دون أبيه أو عمه بهذه الرحلة المغامرة إلى مونغوليا. وجدير بالذكر أنه أسوة بهذه

الحالة لم تكن أى من الرحلات الاستكشافية التى قام بها مستكشفون رحلات بحث عن المعرفة فقط. إذ كانت دائما لها غرض إضافي: تكون أحيانا قاصدة نشر عقيدة دينية؛ وأحيانا أخرى لاستعراض القوة، ولكنها فى الغالب الأعم تستهدف البحث عن طرق سهلة للتجارة.

وبينما سمع أكثرنا عن المستكشفين الأوروبيين مثل كولومبوس وماجلان وفاسكو دو جاما فإن المستكشفين خلال النصف الأول من القرن الخامس عشر كانوا صينيين. ونذكر أن الأباطرة الأولين من أسرة منج أنشؤوا عددا وفيرا من السفن العابرة للمحيط، وكان أضخمها حجما يحمل اسم السفن الكنز. وتميزت هذه السفن بضخامتها المهولة بحيث تتقزم أمامها السفن الإسبانية والبرتغالية. (انظر شكل ١-١).



شكل ١-١ السفينة الكنز جينج خى (أربعمائة قدم) والسفينة سانت ماريا التى رأسها كولومبوس (خمسة وثمانين قدما). الرسم بريشة جان أوكنز [من كتاب إل. ليفاثيز: عندما كانت الصين تحكم البحار- ص٢١].

وعين الإمبراطور جودى ثالث أباطرة أسرة منج، خصى البلاط جنج خى الرئيس البحرى لأسطول ضخم وأرسله على رأس رحلات استكشافية.

وتألف أسطول جنج خى من ٣١٧ سفينة، بعضـها من نوع السفن الكنز. وكانت السفن محملة بالحرير من أرق الأصناف، وأدوات الخزف ذات الجدران الرقيقة والمزينة بلوحات جميلة وأدوات حجرية مزججة وأعمال فنية. وكان على متن سفينة حربية أخرى ٢٧,٠٠٠ ألف رجل أو أكثر. وأبحروا مستعينين بالنجوم وكذلك باستخدام الإبرة المغناطيسية لبوصلة -تطفو فوق حامل من الماء لسهولة الحركة- وعمدوا إلى قياس الزمن عن طريق حرق عصى بخور. واعتاد أسطول جنج خى أن يبحر بمحاذاة شاطئ جنوب آسيا وإن غامر بعيدا عن جنوب بحر الصين حيث جزيرة تيمور غير بعيد عن أستراليا. ولكنهم لم يتجهوا شرقا للمرور أمام جزر الفليبين وعبر المحيط الهادى ولم يقتربوا قط من القارة الأمريكية.

واتجه أسطول جنج خى ورسا عند سيام ثم بعد أن أبحر أمام سومطرة وزار بورما ودار حول الهند ورحلوا حتى وصلوا إلى هرمز عند مدخل الخليج الفارسى حيث توجد وقتذاك مدينة غنية ومثقفة. وذلك كله قبل الوصول إلى جدة حيث عرفوا الكثير هناك عن الديانات اليهودية والمسيحية و الإسلام التى لم تكن الصين تعرف عنها شيئا. ويعتبر الساحل الشرقى لأفريقيا أبعد نقطة وصلت إليها رحلات جنج خى. وأبحر من هناك فى اتجاه الجنوب حيث قناة موزمبيق بالقرب من مدغشقر. ونزل بحارته على شواطئ أماكن كثيرة لمبادلة البضائع ولكن أحدا منهم لم يغامر إلى داخل البلاد. والملاحظ أن حاكم سيلان استقبل جنج خى استقبالا أقل مودة. وإزاء ذلك أمر أسطوله بالرحيل بعد مناوشات قصيرة، لم يكن الهدف منها لإشعال حرب ولا الاحتلال. بيد أنه فى رحلة العودة انتقم لإهانة إمبراطوره، وأنزل بحارته على الشاطئ، وعمدوا إلى أخذ الملك غير الودود أسيرا. وأحضروه معهم إلى بلاط الإمبراطور. ولكن على الرغم من أن جودى عفا عنه فإنه أبدل به حاكما آخر أكثر مودة. (نجد صيغا مختلفة لقصته مضخمة فى أساطير سيلان). وحدثت مواجهات عدائية أخرى بين أسطول جنج خى والقراصنة الذين تجرأوا وهددوا أسطوله القوى الحاشد وتم القضاء عليهم تماما.

وعلى الرغم من أن الهدف الأخير لهذه الرحلات لم يكن واضحا تماما فإن المؤكد أنها استهدفت جزئيا اكتساب المزيد من المعرفة عن الأراضى فى الجوار الممتد حول المملكة الوسطى أى الصين علاوة على التبادل الدبلوماسى والتجارة. ولا ريب فى أنها استهدفت أيضا التأثير فيهم بإثبات قوة سلطان الإمبراطور. وعانت الرحلات فى طريقها من إعصار تيفون Typhoon وشاهدوا لأول مرة الظاهرة الكهربائية الغامضة والمعروفة لدى البحارة باسم نيران سانت المو Saint Elmo's Fire وهى عبارة عن وهج أرجوانى ساطع يظهر على أطراف صارى السفينة وعلى الأطراف المسننة للأجسام أثناء العواصف الرعدية. واعتادوا، حيثما رسوا، استبدال البضائع مع المواطنين من أهل البلاد ومقايضة بضائعهم مقابل سلع نفيسة غير متاحة أو غير معروفة فى الصين من مثل خشب الماهوجنى وأنواع الأخشاب الصلبة وهى ذات نفع كبير لاستبدال الدفاف الهالكة لسفنهم. واعتاد جنج خى عند العودة من رحلاته أن يحضر معه الكثير من النفائس الغريبة للإمبراطور. ولعل الأكثر إثارة وإعجابا الحيوانات الأفريقية التى لا وجود لها فى الصين: الزراف الذى ظنوا أنها وحوش أسطورية ومعروفة لهم باسم القيلين Qilin. وأحضر معه أيضا أعشابا طبية وعددا من الأطباء والصيادلة ضمهم إليه وهو فى الطريق والصين فى حاجة ماسة إليهم لما تعانيه من عديد من الأوبئة الفتاكة خلال القرن الخامس عشر. ونذكر من بين الهدايا الكثيرة التى قدمها حكام أجانب ردا على ما تلقوه من هدايا وحملها عنهم جنج خى فى رحلاته هدية نالت إعجاب الإمبراطور وتقديره: أول لقاء للصين بالنظارات التى تم اختراعها فى أوروبا فى القرن الثالث عشر. لقد استوردها تجار ملقا من هناك وأجزل جو دى العطاء مكافأة للرسول الذى حملها إليه.

وعقب وفاة الإمبراطور جو دى فى عام ١٤٢٤ خلفه ابنه جو جواجى Zhu Gaozhi فى وقت كان البلاط يعانى خلاله من ضائقة مالية صعبة ذلك أن أباه اشتبك فى عدة حروب حدودية، ونقل العاصمة من نانجينج إلى بكين، حيث شيد المدينة المحرمة وتحمل فى سبيلها نفقات باهظة، والتى التهمتها النيران بعد فترة قصيرة. ونظرا لنقص الأموال أصدر جو جواجى مرسوما بعدم بناء مزيد من السفن باهظة التكلفة بل وعدم

إصلاح القديم منها، وأمر بوقف جميع الرحلات فورا وأعفى جنج خى من منصبه أميرا للأسطول. ولكن جو جواجى توفى بعد تسعة أشهر فقط من منصبه وترك ابنه البالغ من العمر ست وعشرين عاما ليكون الإمبراطور الجديد، ورأى البعض أن حكمه يمثل ذروة أسرة منج. وألغى مرسوم أبيه. وأرسل جنج خى البالغ من العمر الآن الستين فى رحلة كبيرة وأخيرة وهى رحلته السابعة. وسافر الأسطول رحلة طويلة إلى مكة والمدينة. ولكن جنج خى وافته المنية وهو فى عرض البحر وتم دفنه وسط عباب الموج وفقا للشعائر الإسلامية التى درسها أخيرا. وعاد الأسطول الحاشد الأرمادا إلى بكين وأحضر إلى الصين خيولا وفيلة وزرافة أخرى كهدايا من الدويلات العربية. وتواصلت الهدايا المرسلة إلى البلاط من العديد من البلدان التى سبق أن زارها أسطول جنج خى إلى حين وفاة الإمبراطور جو جانجى عام ١٤٣٥. ويمثل هذا الحدث نهاية الرحلات البحرية الصينية. ذلك أن جو كيجين، خليفة جو جانجى، أوقف جميع الرحلات الاستكشافية أو التجارية بحرا وذلك لأسباب اضطرته أن يعطى الأولوية للمكائد التى تحاك داخل القصر. ومع نهاية القرن صدرت أوامر صارمة تحظر بناء أى سفن تصلح للبحار. وهكذا فإن البلد الذى هيمن على البحار واكتشف الكثير من المناطق الساحلية على مدى سنوات انسحب تماما من أى بحث جديد عن مزيد من المعرفة بل وعن التجارة. وأصبح الملعب الآن مقصورا على الأوربيين.

وبعد ذلك بفترة غير طويلة، وخلال القرن نفسه بدأت أوروبا مشروعها الاستكشافى الخاص والذى تعلمناه جميعا فى المدرسة ابتداء من كرستوفر كولومبوس. وتفيد التقارير أنه من مواليد جينوه، وأنه اتجه أولا إلى البحر لحسابه الخاص وهو فى سن العاشرة. وشب كبحار، وتصور لنفسه خطة جريئة للسفر إلى الهند. وعزم على السفر ليس عبر الطريق الطويل المعتاد على طول طريق الحرير مثل آل بولو ولكن الإبحار غربا. إذ يعرف أن الأرض كروية ومن ثم لابد من وجود وصلة بحرية مباشرة عبر الأطلسى من شأنها أن تيسر التجارة المربحة مع الصين وجزر الهند. وبنى حساباته على تقديره لحجم كوكب الأرض وهو ما أقنعه بأن المسافة لن تكون كبيرة جدا بالنسبة لسفينة تحمل الكمية الضرورية من الطعام والشراب لدعم

البحارة طوال الرحلة الطويلة. وأكثر من ذلك أنه درس كل ما يتعلق بالرياح التجارية الشرقية السائدة هناك والتى ستدفع سفنه غربا فى رحلتهم عبر الأطلسى هذا على الرغم من أنها ستكون معاكسة له أثناء العودة. ولكنه فى واقع الأمر خطأ فادح فى تقديره للمسافة من الساحل الغربى لأوروبا إلى ساحل الصين والهند. ونظرا لأخطاء أخرى عديدة قلل كثيرا من تقديره للمسافة الحقيقية التى كان لزاما عليه أن يقطعها قبل أن يصادف يابسة، وأنه كان سيواجه مشكلات شديدة الصعوبة لو لم يقع مصادفة على نحو غير متوقع ويجد نفسه قبالة القارة الأمريكية.

وطبيعى أن كان لزاما على كولومبوس البحث عن راع يمول قيامه بخطته المحفوفة بالأخطار. وناشد ملك البرتغال مرتين ولم يستجب له. دبر أمره بعد ذلك وسعى لإقناع ملك إسبانيا الملك فرديناند الثانى من أراجون والملكة إيزابيلا من كاستيل لكى يتوليا رعاية رحلته علاوة على قدر ضخم من التمويل من المستثمرين الخاصين. وتقرر منحه لقب أدميرال المحيط كما تقرر بناء على الحاجة الحصول ١٥٪ من جميع الدخول التى يتم تحصيلها من الأراضى التى يمكن أن يكتشفها فى طريقه. وبدأ كولومبوس رحلته عام ١٤٩٢ على رأس سفنه متعددة الطوابق سانتا ماريا (وتحمل اسما آخر جاليجا) وبنتا وسانا كلارا (وتحمل أيضا اسم نينا). وكانت سفنا صغيرة نسبيا بينما كانت سفينة القيادة سانتا ماريا على متنها ٤٠ بحارا. وبعد خمسة أسابيع وصلوا إلى جزيرة اسمها الآن جزر الباهاما ويسكنها شعب ظن أن بالإمكان دحرهم بسهولة إذا أراد. واستكشف الساحل الشرقى لكوبا إلا أنه كان لابد هنا وأن يتخلى عن سانتا ماريا بعد أن ارتطمت باليابسة. وعاد كولومبوس بعد ذلك إلى إسبانيا مع سفينتيه الأخريين وقد خلف وراءه مستوطنة فى هاييتى وبعد أن اختطف بعضا من المواطنين ليأخذهم معه إلى أرض الوطن. ولكن بحارته حملوا معهم فى عودتهم ذكرى أخرى عن رحلتهم وهى مرض الزهرى الذى سرعان ما انتشر فى أوروبا وكانت له نتائج مدمرة بعد أن خدم كثيرون من البحارة فى جيش الملك شارلس الثامن.

وقاد كولومبوس ثلاث رحلات أخرى عبر الأطلسى باحثا، دون جدوى عن مسار اتجاه الغرب يصل به إلى الهند والصين على الرغم من أنه فى هذا الوقت كان المستكشف البرتغالى فاسكو دى جاما قد اكتشف طريقا بحريا آخر مباشرا يتجه جنوبا حول أفريقيا عن طريق رأس الرجاء الصالح. واستطاع كولومبوس فى رحلته الثالثة أن يحقق أول إنزال له على اليابسة جنوب أمريكا قرب ترينداد. وغامر لاستكشاف نهر أورينوكو. ونذكر أنه فى رحلته الرابعة حدثت مواجهة عدائية بينه وبين المواطنين وأنقذه أثناءها تفوق المعرفة الأوروبية المتمثلة فى الفلك. ذلك أن تنبؤه الناجح - مستخدما التقويم الفلكى الذى وضعه عالم الفلك ريجيومونتانوس Regiomantanus الخاص بخسوف القمر الذى تم رصده فى ٢٩ يونيو/ حزيران ١٥٠٤. ذلك أن التنبؤ أذهلهم وشعروا معه بالخوف مما اضطرهم إلى تقديم الطعام لرجاله الجوعى إلى أن وصلته المعونة. وهنا أصبحت لديه القدرة على الرحيل مع بحارته. واكتشف كولومبوس، مثل طاليس قبله بألفى سنة أن هذه الرهبة إزاء ظواهر سماوية مثل الكسوف أو الخسوف ليست لها فقط آثار نفسية مهمة بل وأكثر من هذا أن توفر المعرفة الكافية لدى الإنسان بحيث تمكنه من التنبؤ بوقوع هذه الظواهر إنما جعل الناس ينظرون إليها على أنها عمل من أعمال السحر.

وبدأت رحلات فاسكو دى جاما الاستكشافية عام ١٤٩٧ بفضل دعم ملك البرتغال. واستعان بأسطول يضم ثلاث سفن و١٧٠ بحارا. وبعد أن قطع رحلة بحرية قياسية وأكثر من ثلاثة أشهر و٦٠٠ ميل فى عرض المحيط دون أى بادرة توحى برؤية اليابسة عبروا خط الاستواء وأبحروا حول رأس الرجاء الصالح. واستفادوا فى رحلتهم هنا من الرياح الغربية التى تهب على جنوب الأطلسى ورسوا عند الساحل الشرقى لأفريقيا. ثم واصل الأسطول مسيرته التى دعمت نفسها بأعمال القرصنة ونهبوا سفن التجار العرب غير المسلحة. وذلك قبل وصولهم قرب كالكتا فى الهند فى مايو/ آيار ١٤٩٨. وهنا واجه البرتغاليون بعض المقاومة من الحاكم المحلى والتجار العرب المحليين. وكانت رحلة العودة ضد اتجاه الرياح السائدة ومن ثم كانت بطيئة جدا

ومحملة بمرض الإسقربوط. وعادت سفينتان فقط إلى البرتغال. بيد أن "أدميرال البحار الهندية" المعين حديثا وكذلك وطنه اكتسبوا الكثير من المعارف بفضل عملية الاستكشاف. وجنى الاقتصاد البرتغالى أرباحا مهولة على مدى زمن طويل. وقام برحلتين أخريين على امتداد الطريق نفسه وقد تزود بأعداد كبيرة من السفن الحربية ضمن أسطوله. غير أن غرضهم تمثَّل فى فرض سلطة البرتغال قبل اكتساب المعرفة.

وجدير بالذكر أنه فى الوقت نفسه تقريبا الذى تمت فيه رحلة دى جاما الثالثة إلى الهند حول أفريقيا كان هناك مستكشف برتغالى ثان موله ملك إسبانيا شارلس الخامس لكى يجدد محاولة كولومبوس الفاشلة ويكتشف طريقا غربيا هناك. عاش فرديناند ماجلان واغتذى على طموح أكبر كثيرا من طموح كولومبوس ونعنى بذلك القيام برحلة بحرية حول الكرة الأرضية لأول مرة فى التاريخ. انطلق على رأس أسطوله المؤلف من خمس سفن عام ١٥١٩ مع ٢٣٧ رجلا. وكان يعرف - بطبيعة الحال - من خبرة كولومبوس أن القارة الأمريكية فى طريقه. أبحر جنوبا واكتشف ممرا عند الطرف الأخير المستدق لأمريكا الجنوبية شمال تييرا ديل فويجو عبر المضيق الذى يحمل اسمه الآن ووصل أسطوله إلى المحيط الهادى ونجح فى تحقيق هدفه بالإبحار حول الكرة الأرضية. بيد أن ماجلان نفسه لم ينعم برؤية غرضه العظيم يتحقق. إذ أصابه سهم مسموم أثناء مناوشات مع القوات المحلية فوق جزيرة ماكتان الفيليبينية. ووافته المنية قبل أن تكمل رحلته الدائرة.

وإذا كان بالإمكان اعتبار كولومبوس ودا جاما وماجلان مستكشفين بكل معنى الكلمة فإن اكتشاف كولومبوس للقارة الأمريكية، أتاح أيضا ثرواتها للنهب وبخاصة بعد أن شاهد رحالة كثيرون ما تحتويه من أرصدة مهولة من الذهب. وعرفت إسبانيا كيف تستغل هذا الكنز الجديد استغلالا كاملا وأرسلت اثنين من قادة الاحتلال هما الفاتحان هيرنان كورتيس وفرنسيسكو بيزارو. أرسلت الأول إلى كوبا والمكسيك، والثانى إلى بنما وبيرو. واستعان القائدان بالتفوق التكنولوجى الأوروبى - الأسلحة النارية والبارود، والخيل الذى لم يكن أهالى القارة الجديدة قد روضوها بعد، ثم والأهم

من ذلك حصانتهم من الأمراض التى أتوا بها معهم والتى أبادت المواطنين. واستطاع الغزاة بفضل هذا كله القيام بعمليات نهب سريعة لخزائن الذهب المهولة من إمبراطوريتى الإنكا والأزتيك علاوة على مناجم الذهب فى المكسيك، وبذا حقق التاج الإسبانى ثروة مهولة. وأدى الاحتلال فى الوقت نفسه إلى تدمير الحضارتين المحليتين وقد كانتا قد بلغتا شأنا رفيعا. كان هذا إحدى النتائج المأساوية للبحث عن المعرفة. وإذا قيل إن المعرفة قوة، فإن تلك القوة لم تكن دوما مستخدمة للخير.

وفى القرن الثامن عشر، وهو عصر التنوير، أخذ الأوروبيون مسألة الاستكشاف الجغرافى مأخذا جادا للمرة الثانية. ونذكر أن جوزيف بانكس **Joseph Banks** الذى عمل بعد ذلك رئيسا للجمعية الملكية لسنوات طويلة، حرر اسمه كشاب حين صاحب كابتن كوك فى رحلة "المحاولة" الإنديفور **Endeavour** كبعثة استكشافية تسعى للإبحار حول العالم بهدف عمل بعض الأرصاد الفلكية من تاهيتى لاستكشاف المناطق الجنوبية من المحيط الهادى. وكان الأمل البحث عن إمكانية العثور على قارة أخرى جنوب أستراليا قبل أن يكتشفها الفرنسيون ويحتلونها. كذلك العمل على جمع عينات بيولوجية وزراعية من هناك. ووقع بانكس باعتباره عالم النباتات الرسمى -علاوة على وجود عالم فلك مع طاقم السفينة - وذلك بهدف عمل مشاهدات نباتية وجيولوجية وتسجيلها تفصيليا فى كل الأماكن التى رسوا عندها، بالإضافة إلى الأسماك والطيور والظواهر الطبيعية التى تصادفهم فى الطريق، ونظرا لنجاح غذائهم التجريبى المدعوم بطعام الملفوف المخمّر ولحم الطير لتجنب مرض الإسقربوط المفزع. هذا علاوة على المهارة الفائقة لكابتن كوك كملاح مما يسر للانديفور الرسو عند شاطئ جزيرة تاهيتى قبل موعد عبور الكوكب فينوس لرصده كما كان مقررا فى رحلتهم. واضطروا إلى تمديد الإقامة إلى حين وقوع الحدث المزمع رصده. ونتيجة لذلك قضى بانكس بضعة أشهر هناك وعاش مع المواطنين، اختلط بهم، وتعلم لغتهم ودرس وسجل بدقة ممارساتهم، هذا علاوة على أنه استمتع كثيرا بعاداتهم الجنسية الغريبة الأمر الذى جعله يرى الإقامة هناك إقامة فى فردوس أرضى- وأحضر معه من هناك رجلا بمثابة عينة.

والملاحظ أن رحلات البحر الاستكشافية فى القرن التاسع عشر كانت فى غالبيتها العظمى مرتبطة بالمناطق القريبة من القطبين الشمالى والجنوبى، مثال ذلك أنه فى ١٨١٨ تم إرسال القائد البحرى الاسكتلندى جون روس (وحصل بعد ذلك على لقب فارس باسم سير جون) فى رحلة ناجحة مع سفينتين بحريتين لاكتشاف الممر الشمالى الغربى الذى طال البحث عنه والذى من شأنه أن يفضى من المضيق شمال الأطلسى إلى مضيق بهرنج عبر المحيط المتجمد حول القارة الأمريكية (وهو الممر الذى عبره أخيرا لأول مرة المستكشف النرويجى رولد أموندسين فى رحلة استغرقت ثلاثة أعوام من ١٩٠٢ وحتى ١٩٠٦). ووصل الأمر إلى أنه بعد سنوات قام بمحاولة أخرى على رأس سفينة تجارية مزودة بزوارق جانبية. ووصلت به إلى منطقة لم يسبق اكتشافها عبر لانكاستر ساوند وهناك انحشرت السفينة داخل كتلة جليدية لمدة أربع سنوات. واستغل هذه الفترة لعمل مزيد من الاستكشافات. واكتشف روس القطب الشمالى المغناطيسى Magnetic north pole والذى كان معروفا من خلال الإبحار باستخدام البوصلة أنه مختلف عن القطب الهندسى geometric pole ولكن موقعه بالتحديد -الذى يتغير إلى حد ما مع مرور الزمن- لم يكن معروفا. وأخيرا تم إنقاذ روس وفريقه من البحارة وإعادتهم ثانية عن طريق سفينة بريطانية.

وفى عام ١٨٣٩ نظم ابن أخ سير جون روس ويدعى سير جيمس كلارك روس رحلة استكشافية خاصة به إلى قارة أنتاركتيكا على متن سفينتين حربيتين محصنتين بهيكلين قويين. ونعرف أن ابن أخ سير جون روس سبق أن صاحب عمه فى رحلاته الاستكشافية. وأثبتت السفينتان أنهما على كفاءة عالية إذ صمدتا لضغط الجليد السميك. واستطاع أن يلامس أستراليا ونيوزيلاندا بما يفيد أنهم أحاطوا بحريا بقارة أنتاركتيكا على امتداد المحيط الهادى جنوبا واكتشفوا ما سمى بعد ذلك باسم بحر روس وفيكتوريا لاند. وأبحروا حتى قاربوا بركانين على حافة القارة. والمنطقة المحيطة المسماة جرف جليد روس Ross ice shelf. ولم يحاولوا عمل أى استكشافات داخل الأنتاركتيكا.

ولكن سبق أن جرت قبل رحلة سير جون روس بوقت طويل رحلة استكشافية إلى الشمال ولكن لغرض آخر مختلف تماما. إذ خلال القرن الثامن عشر ضجت الأكاديمية الفرنسية بمعارك جدالية عن الواقع الحقيقى الجيوديس Geodesic الخاص بشكل الأرض ومساحتها: إذا لم تكن الأرض كروية حقا وبمعنى الكلمة فهل شكلها أشبه بكرة متطاولة وأن المسافة الفاصلة بين قطبيها أكبر من قطرها عند خط الاستواء، أم على شكل قطع ناقص أقرب إلى شكل كعكة مستطيلة ومسطحة عند قطبيها؟ قضى ديكارت بالرأى الأول بينما قال إسحق نيوتن بالثانى، وأوضح عالم الرياضيات بيير لوى مورو دو موبيرتوى Pierre Louis Moreau de Moupertuis أنه - وبغض النظر عن طبيعة قوة الجاذبية - الأمر الذى اختلف معه بشأنه إسحق نيوتن وديكارت - فإن أى دوران حول الذات يؤدى إلى تغير الشكل سوف يصبح مسطحًا عند قطبيه. وعقد العزم على أن يكتشف ما إذا كان كوكب الأرض يؤكد نظريته أم لا، وعمل قياسات دقيقة قرب القطب الشمالى للمسافة على امتداد خط السمت -خط ممتد من الشمال- الجنوب للأرض- فى تطابق مع درجة واحدة من خط العرض حسبما تم قياسه فى ضوء النجوم الثوابت. وطبيعى أنه إذا كانت الأرض على شكل قطع ناقص فإن هذه المسافة ستكون أطول فى الشمال عنها قرب خط الاستواء؛ وإذا كان شكلها متطاولا فإن المسافة ستكون أقصر- وإن كانت كروية مستديرة تماما فإن هذه المسافة لن تختلف بطبيعة الحال مع خط العرض. ونعرف أن مسألة شكل الأرض يمكن الإجابة عليها بسهولة أكبر عن طريق قياسات دقيقة معروفة وقتذاك للبندول عند خطوط عرض مختلفة: التفلطح يعنى أن البندول أقرب كثيرا إلى مركز الأرض قرب القطبين عنه عند خط الاستواء، ومن ثم يكون الشعور بالجاذبية أقوى بينما التطاول يعنى أنها أضعف عند القطبين. بيد أن النتيجة فى هذه الحالة ستعتمد على نظرية نيوتن عن الجاذبية التى هى موضوع جدل وصراع فى فرنسا. وهكذا قرر موبيرتوى السفر شمالا وقياس مسافة خط السمت على أساس درجة واحدة من خط العرض ومقارنة الاثنين مع

قياسات سابقة على امتداد خط السمت عند باريس جنوبا ومع قياسات أخرى قامت بها رحلة استكشافية إلى بيرو عام ١٧٣٥.

بعد أن حصل هو بيرتوى على التمويل اللازم من ملك فرنسا غادر عام ١٧٣٧ فى رحلة استكشافية إلى القطب الشمالى وقد حمل معه كل ما يلزم من أدوات رصد فلكى أو مساحة أرضية. وطبيعى لم تكن ثمة حاجة للذهاب إلى أبعد من القطب الشمالى. ولقد كان عسيرا عليه شحن كل الأجهزة اللازمة إلى لابلاند الشمالية فيما وراء الدائرة القطبية artic circle؛ حيث قام عمليا بالقياسات المطلوبة. وأكدت النتيجة نظريته: الأرض فى الحقيقة على شكل قطع ناقص. وها هنا نجد أنفسنا إزاء رحلة استكشافية جرى تنفيذها لغرض أوحد وهو تحصيل المعرفة (ربما باستثناء تحقيق شهرة واسعة للعلامة موبيرتوى). ونرى أن الرحلات الاستكشافية الأخرى "الخالصة" هى تلك الرحلات التى قام بها سير أرثر إدنجتون Arthur Eddington إلى جزيرة برينسيب Principe قرب أفريقيا لرصد الخسوف الشمسى فى ٢٩ مايو/ أيار ١٩١٩ لكى يقيس بدقة انكسار الضوء النجمى بتأثير جاذبية الشمس كما تنبأت نظرية النسبية العامة لأينشتين. وهذا هو التحقق الذى جعل أينشتين فورا مشهورا عالميا. ونضيف هنا أيضا الرحلة البحرية الطويلة التى قام بها داروين على متن السفينة بيجل Beagle والتى حققت نتائجها آثارا عميقة ممتدة حتى اليوم.

وجدير بالذكر أن الرحلات الاستكشافية التى بدأت بعد ذلك تحولت أساسا إلى منطقة الغابات الغامضة فى منطقة أفريقيا جنوب الصحراء. ولكن جميع الرحلات الاستكشافية التى توجهت إلى هناك انتهت نهايات مأساوية إذ لم يعد أحد من الرحالة. وأول رحلة استكشافية ناجحة هى تلك التى كان على رأسها الرومانسى الإسكتلندى المدعو مونجو بارك Mungo Park فى نهاية القرن الثامن عشر. ونعرف أنه قضى أكثر من عامين داخل الأحراش مع فريق صغير. وعند عودّته إلى لندن ألف كتابا بعنوان "رحلات داخل أفريقيا" الذى أصبح فى لحظة من أكثر الكتب مبيعا. ولكنه قام برحلة

استكشافية ثانية إلى غرب أفريقيا بعد حوالى ثمانى سنوات وبتمويل من المكتب الاستعمارى. واستخدم القوة المسلحة فى رحلته هذه؛ إذ اصطحب معه فريقا من العسكريين المسلحين. غير أن مونجو بارك لم يعد من هذه الرحلة قط.

وطبيعى أن كانت أفضل الرحلات الاستكشافية إلى أفريقيا المعروفة لنا بعد ذلك هى تلك التى تمت بقيادة دافيد ليفنجستون ومورتون ستانلى. ونعرف أن ليفينجستون مبشر اسكتلندى وطبيب. وتميزت رحلاته الأولى إلى الجنوب الأفريقى بأنها لغرض محدد وهو نشر المسيحية. وبعد أن أحبطت جهوده فى هذا الاتجاه عاد ثانية إلى الاستكشاف عام ١٨٥٤. واصطحب معه فريقا صغيرا من الحمالين مع عدد محدود من المسلحين تسليحا خفيفا للحماية. وعبر القارة من لواندا على الأطلسى إلى منبع نهر زامبيزى على المحيط الهندى ليستكشف الشلالات الكبرى التى سماها على اسم الملكة فيكتوريا. وعند العودة إلى بريطانيا احتفت به البلاد باعتباره المستكشف الأعظم واستقال من الجمعية التبشيرية التى ألحت عليه لكى يواصل مهامه الدينية. وعاد إلى أفريقيا ثانية عام ١٨٥٨ من أجل محاولة طموحة لكى يهيئ نهر زامبيزى للملاحة. ولكنه أخفق فى محاولته بسبب الشلالات والمجارى المائية التى يتعذر عبورها. وانتهت الرحلة الاستكشافية عام ١٨٦٤. بيد أنه عاود الرحلة مرة ثانية بعد عامين للبحث عن منبع نهر النيل والتى لم ينجح فيها أيضا. وأصابه المرض وضل الطريق وفقد الاتصال بالعالم الخارجى لمدة ست سنوات إلى أن عثر عليه هنرى مورتون ستانلى عام ١٨٧١.

ونعرف أن ستانلى صحفى من ويلز، يعمل لحساب صحيفة نيويورك هيرالد بعد إنجازات عدة فى رحلات المغامرات من بينها رحلة استكشافية إلى داخل الإمبراطورية العثمانية. وفى عام ١٨٦٩ أرسلته الصحيفة التى يعمل لديها إلى أفريقيا لهدف واضح ومحدد وهو العثور على دافيد ليفنجستون المستكشف المفقود فى الأحراش. وسافر عام ١٨٧١ إلى زنزبار وانطلق داخل الغابات وقد تسلح بالمعدات والتجهيزات اللازمة مصحوبا بقرابة ٢٠٠ من الحمالين الذين عاملهم بقسوة. وبعد أن عانى من كثير من صعوبات جمة داخل الغابة علاوة على الأمراض استطاع الوصول إلى ليفنجستون

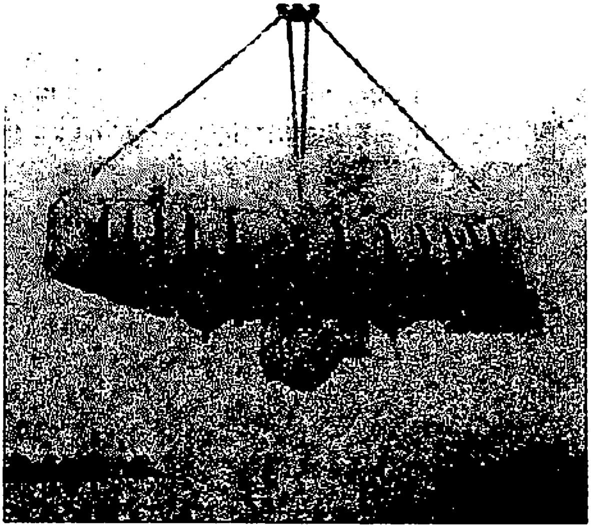
قرب بحيرية تانجانيقا. ويفيد، حسب رواياته عن اللقاء فى صحيفتى نيويورك تايمز والهيرالد، أنه حيّاه بالكلمات المعهودة "أظن دكتور ليفنجستون؟ واستمر ليفنجستون وستانلى فى عملية استكشاف المنطقة المجاورة فى أفريقيا.

وفى عام ١٨٧٤ عاد ستانلى إلى أفريقيا للقيام برحلة استكشافية أخرى، وهو على رأس ٣٥٦ شخصا بهدف تتبع مجرى نهر الكونغو. وبعد ثلاث سنوات تقريبا مشحونة بالتحديات المادية المهولة غير الأمراض والسلوكيات العدائية من المواطنين وصل إلى مصب النهر بعد أن فقد كل رجاله فيما عدا ١١٤ لا يزالون أحياء. ووصف فى كتابه "عبر القارة السوداء" ما واجهه من محن وشدائد. وأفادت رحلات ستانلى الاستكشافية التالية من إثبات أن الكونغو إحدى ملكيات الملك ليوبولد ملك بلجيكا -وهى مستعمرة سيئة بسبب المعاملة القاسية المفرطة فى قسوتها للمواطنين - وشوهت اسم ستانلى لهذه الأسباب. وواضح أن استكشاف الأوروبيين لداخل أفريقيا كان عملا محفوفا بأخطار ومصاعب كبيرة وكان لابد من الانتصار عليها بقدرات بطولية؛ بغية معرفة القارة الغامضة غير أن الجراح المتخلفة ستظل تنزف زمنا طويلا.

وجرت استكشافات أخرى مشهورة فى مطلع القرن العشرين بقيادة روبرت بيرى Robert Peary وفريدريك كوك Frederick Cook إلى القطب الشمالى. ورحلة أخرى بقيادة رولد أموندس Roald Amundsen إلى القطب الجنوبى وهو المكان الذى كاد أن يصل إليه أرنست شاكلتون Ernest Shackletoon قبل أن يضطر إلى العودة. وأفاد كوك وبيرى فى تقاريرهما أنهما وصلا إلى القطب الشمالى بعد صعاب جمة، الأول عام ١٩٠٨ والثانى عام ١٩٠٩، بيد أن جدلا واسعا أحاط بمزاعمهما. ولكن إذا ما قارنا هذه الرحلات برحلات سابقة عنها بوقت طويل قام بها موبيرتوى إلى لابلاند ورحلات سير جون روس وسير جيمس كلارك روس فإن هذه الرحلات، شأن تسلق الجبال العالية، ينبغى ألا ننظر إليها وكأنها رحلات بدافع البحث عن المعرفة. إذ إنها تمت جزئيا لأجل الاحتلال ولكن الأهم لإثبات قدرة الإنسان على التحمل فى صلابة وهو الأمر الذى تم بنجاح؛ إذ المكان الأصعب فى الوصول إليه على وجه الأرض هو المكان الأكثر تحديا وجاذبية للمغامر لا لشىء سوى ليثبت أنه كان هناك.

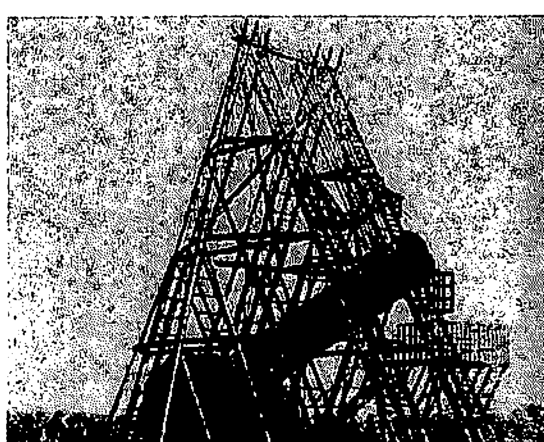
ولم يكن استكشاف كوكب الأرض قاصرا على سطحها فحسب.

إن قياس عمق المحيط وأخذ عينات من رواسب القاع هى أعمال سبق أن أنجزها الفايكنج واستخدموا فى ذلك أثقال رنانة مؤلفة من الرصاص الموصول بسلك. ومع الوقت أصبحت هذه الأنواع من القياسات والحصول على العينات أكثر فأكثر تعقيدا. وفى منتصف القرن العشرين حققت التكنولوجيا تقدما كبيرا فى بناء سفن تسمح للبشر بالغوص إلى الأعماق ورصد طبيعة أعماق المحيط بما فى ذلك كائناته الحيوانية والنباتية، ونذكر هنا أن المستكشف الأمريكى شارلس وليام بيب Charles William Beebe صمم سفينة كروية من الصلب تسمى "كرة الأعماق bathysphere" والتى غاص بها فى عام ١٩٣٠ إلى أعماق بعيدة ووصف عن طريق كابل تليفونى ما رآه من خلال نافذة لمساعده أوتيس بارتون. وبحلول عام ١٩٤٨ اخترع عالم الطبيعيات السويسرى أوجست بيكارد August Piccard سفينة أكثر قدرة على التحمل وأجرى عليها اختبارات وسماها "غواصة الأعماق bathyscaphe". ووصل بها إلى عمق ٤٠٠٠ متر. وحدث بعد ذلك أن ابنه جاك بيكارد والرائد البحرى دونالد والش استخدما نسخة محسنة من غواصة الأعماق الأصلية وسمياها تريستة (انظر شكل ٢-١) نزلا بها إلى عمق ١٠,٩١٥ مترا عند أعمق نقطة معروفة لنا على الأرض والمسماة شالنجر ديب أو عمق التحدى Challenger Deep فى خندق الماريانا The Mariana Trench فى المحيط الهادى.



شكل ١-٢ غواصة الأعماق تريستة مرفوعة لإخراجها من المياه ١٩٥٨-١٩٥٩ تصوير (Naval Historical Center Photograph, from geology.com)

في هذه الأثناء تجاوز البحث عن المعرفة حدود الكرة الأرضية. إذ بعد أن حول جاليليو التلسكوب الذى تم اختراعه حديثا آنذاك إلى وجهة السماء، فإن هذه الأداة الجديدة الأقوى بمراحل كثيرة من العين المجردة التى ظل الإنسان يستخدمها آلاف السنين لرصد القمر والنجوم، أنجزت كميات هائلة من المعلومات الجديدة المذهلة، هذا على الرغم من أن بعض هذه المعلومات أفسدته التخييلات البشرية. واستطاع سير وليام هيرشيل William Herschel بمساعدة أخته الصغرى كارولين بناء تلسكوباته العاكسة الخاصة (تصميم ابتكره إسحق نيوتن الذى يهيئ إمكانية أكبر لأدوات أقل إزعاجا لإنتاج صور أكبر كثيرا وأوضح بفضل تجميعها للضوء على عكس الأداة جاليليو القديمة (انظر شكل ١-٣). واستخدمها هيرشيل لدراسة سطح القمر. وهنا رأى تفاصيل أكثر مما سبق رصده، وتخيل أنه رأى غابات، واقتنع بوجود حياة على سطح القمر. وبدأت عملية استكشاف سطح القمر تتجاوز الرصد بواسطة التلسكوب. إذ فى عام ١٩٦٩ أمكن، بعد استعدادات امتدت لسنوات، إطلاق سفينة الفضاء الأمريكية أبوللو فى بعثة هبطت على قمرنا. وأصبح قائد السفينة نيل أرمسترونج Neil Armstrong أول رجل يطأ بقدميه سطح القمر ونطق بكلمات سيتردد صداها حول العالم كله: "إنها خطوة صغيرة لإنسان ولكنها قفزة عملاقة للبشرية".



شكل ١-٣ التلسكوب العاكس البالغ ارتفاعه أربعين قدما الذى بناه سير وليام هيرشيل لنفسه وبمساعدة أخته، من Holmes, The Age of Worled

ولكن لا يوجد تليسكوب من القوة التى تمكنه من أن يرى تفاصيل كثيرة على سطح المريخ مثل ما نرصده على القمر. لذلك انطلق خيال علماء الفلك بحرية. وجدير بالذكر أنه بعد أن ظن القس الإيطالى بيترو سيكى Pietro Secchi عام ١٨٧٦ أن باستطاعته تمييز تفاصيل أطلق عليها اسم قنوات، حتى إن العالم المشهور: برسيفال لوويل Percival Lowell كان مقتنعا أن بإمكانه أن يبصر قنوات رى فوق سطح الكوكب الأحمر حتى ذهب به الظن بأنها بالضرورة من صنع مخلوقات ذكية. وحيث إنه لم يكن باستطاعة أحد من البشر زيارة كوكب المريخ فإن المركبة الروبوت أمكن إرسالها عن طريق الصواريخ منذ ستينيات القرن الماضى هيأت إمكانية لأمم مختلفة لاستكشاف سطح المريخ ومعرفة مكوناته وهو ما أثبت ما يشبه استحالة وجود حياة هناك، ولكن لا يزال السؤال قائما.

وواضح تماما أنه لم يكن البحث عن المعرفة عملا منظما ومضبوطا بفضل سيطرة عقلانية، فإن الخيال بوسعه أن يضللنا للغاية علاوة على دور المعتقدات السابقة. وليسمح لنا القارئ بأن نتحول إلى تطور العلم، وهو أداتنا التى لا أداة سواها، لكى نفرض هذه السيطرة العقلانية.

-٢-

نريد أن نفهم

أحد المكاسب التراثية التى ورثناها عن الحضارة الإغريقية القديمة يتمثل فى الدراسة المنهجية للطبيعة من أجل الدراسة، أى فقط لإشباع رغبتنا الملحة فى فهمها. ولنتأمل الفيلسوف ديمقريطس فى القرن الخامس ق.م، الذى رأى أن الجزيئات الصلبة غير المرئية الصغيرة المختلفة عن بعضها من حيث الشكل والتنظيم فقط -الذرات عنده- إنما هى المكونات النهائية للمادة. أو لنتأمل أرشميدس فى القرن الثالث ق.م. والذى يقال إنه أول من يستحق أن نسميه عالما حقيقيا بالمعنى الحديث للكلمة، وقانونه عن القوة الدافعة للأجسام الطافية (قانون الطفو). وليس معنى هذا، بطبيعة الحال أن العلم عند الإغريق لم تكن له حوافز نفعية أو شعائرية. مثال ذلك الفلك البطلمى -وقد كان بطليموس مصريا غير أن فكره كله أرسطيا- كانت دوافعه لا تزال، جزئيا على الأقل، الرغبة فى التنبؤ بالكسوف والخسوف لأغراض دينية. ونعرف أن الرياضيات الفيثاغورية كانت لها حوافز صوفية عميقة. كذلك طبق أرشميدس علمه مباشرة لتحقيق أهداف عسكرية. ولكن ثمة بعض الشك فى أن المحاولة العادية للنظر فى حقيقة عمل الطبيعة من داخلها بهدف الفهم المحض، بدأت مع الإغريق. ويصدق الشىء نفسه على الرياضيات. إذ بينما تعود البدايات الأولى إلى طرق البابليين والمصريين فى مسح الأراضى، فإن كلا من التنظيم النسقى للهندسة ودراسة الأعداد إنما نهض بها لأول مرة الإغريق القدامى.

معنى هذا أن الأصول الأولى لما نسميه اليوم "العلم البحت" والرياضيات البحتة إنما تعود إلى حوالى خمسة وعشرين قرنا مضت. ولكن بعد ذلك اضمحل العلم البحت والرياضيات البحتة وظلت كذلك زمنا طويلا. نعم لم يطوهما النسيان ولكنهما تجمدا حوالى ١٧٠٠ سنة. ولعل الاستثناء الوحيد المهم تمثل فى تقدم علم الجبر على أيدى العرب. وعلى الرغم من أن هذه الفترة شهدت عددا من الإبداعات التكنولوجية المهمة، خاصة فى الصين، وظهر مثلها الكثير بعد ذلك فى أوروبا، فإنه لم يتحقق أى تقدم فى مجال العلم الأساسى.

إن العلم الحديث، بالمعنى الذى نستخدمه الآن لهذا المصطلح، لم يبدأ قبل القرن السادس عشر على الرغم من أن قدرا كبيرا حجبه السيميائيون Alchemists عن الأنظار. إذ كان الهدف من الاعتماد على العبارات السحرية والتعاويذ هو أولا تحويل العناصر إلى بعضها البعض، خاصة العناصر الخسيسة إلى ذهب. (والشخصية الأسطورية لدكتور فاوست الذى دخل مجال الأدب الكلاسيكى على أيدى كرستوفر مارلو وجانهام وولفجانج فون جيته إنما كانت شخصية سيميائى سعى لاكتساب المعرفة الكونية وما يترتب عليها من قوة عن طريق عقد تحالف مع الشيطان). ومع ذلك بدأ السيميائيون فى الاعتراف بالتكوين الذرى للمادة. ونذكر هنا الإنجاز الذى حققه روبرت بويل Robert Boyle فى القرن السابع عشر فى تغيير السيمياء إلى ما نعرفه اليوم باسم علم الكيمياء. (بيد أنه لم يسع إلى إقناع إسحق نيوتن للتخلى عن إيمانه بالسيمياء).

ولقد كان صعود العلم الحديث على مدى الثلاثة قرون الأخيرة مذهلا حقا؛ إذ إنه لم يحقق فقط زيادة مهولة فى معارفنا، بل حدث نمو مناظر ومذهل فى عدد الباحثين الذين رصدوا جزءا كبيرا من حياتهم لدعم تلك المعارف وتعزيزها. مثال ذلك الرابطة الأمريكية لتقدم العلم التى تأسست عام ١٨٤٨ وضمت وقتذاك ٤٦١ عضوا أصبح عدد أعضائها الآن أكثر من مائة وثلاثين ألفا. وثمة حقيقة واقعة ومتكررة وهى أن أكثر من نصف العلماء الذين عرفهم تاريخ الإنسانية فى العالم إنما هم أحياء اليوم.

والسؤال ما الأهداف والأغراض الأساسية لعلماء الطبيعة وعلماء الرياضيات الذين أسهموا فى هذا التوسع الانفجارى للمعرفة؟ أدعو القارئ إلى أن يقارن أعمال عبقرى دون نقاش مثل ليوناردو دافينسى بأعمال جاليليو. إذ إن ليوناردو علاوة على أنه رسام فاق بقدراته الجميع كان مخترعا عبقريا لأجهزة ثقيلة، وقدم كذلك خدمات قيمة من بنات خياله التقنى وعبقريته للدوقات والأمراء لتعزيز قدراتهم العسكرية. وأكثر من هذا أن علم الطب أفاد دون ريب من رسومه ودراساته عما فى داخل جسم الإنسان. ولكننا مع هذا كله لا نعتبره عالما.. ونجد على الجانب الآخر تليسكوب جاليليو إذ على الرغم من أنه أفاد أول الأمر، وقبل أى غرض آخر، كأداة عظيمة النفع للملاحة، ولم يكن مثل هذا التطبيق العملى هو غرضه الأول. بيد أننا نعتبره العالم الحديث بامتياز.

وثمة سببان أساسيان يحددان لماذا نرى أن العلم الحديث نشأ بداية على يدى جاليليو جاليلى وإسحق نيوتن. أحد السببين أن هذين العالمين أسسا فهمهما للطبيعة على الملاحظة والمشاهدة والتجربة. ولم يكن أيهما يؤمن بأن مثل هذا الفهم يمكن إنجازه عن طريق الفكر المحض وحده. على نحو ما كان يؤمن أفلاطون وأتباعه فى العصور الوسطى. وقام روبرت بويل بتجارب إبداعية فى القرن السابع عشر باختراعه لمضخة الهواء. وبرهن بتجاربه هذه على فساد مذهب أرسطو الذى يرى: أن الطبيعة تمقت الفراغ". وواجه بويل معارضة كبيرة من الفلاسفة من حيث المبدأ الفلسفى؛ لأنهم يعتبرون الفراغ مفهوما فلسفيا وليس موضوعا يخضع لاختيار تجريبى. وجدير بالذكر أن بويل وكذا جاليليو ونيوتن لم يقبلوا الكثير من النتائج الخاطئة التى انتهى إليها أرسطو واستخلصها من ملاحظاته البدائية نسبيا. ولكنهم على الرغم من موقفهم هذا كانوا لا يزالون أشياعا للتعاليم الأساسية للفيلسوف القديم والتى تفيد أن معرفة الطبيعة وفهمها إنما تحصل عليهما فقط من خلال التجريب والمشاهدة.

السبب الثانى الذى من أجله نرى أن العلم الحديث بدأ على يدى جاليليو ونيوتن هو أن بحثهما عن المعرفة لم يكن حافزه الرغبة فى عمل تطبيقات نافعة. ليس معنى هذا عدائهما أو حتى لا مبالاتهما إزاء مثل هذه التطبيقات. إذ لم يكن أيهما كذلك.

ولكن حافزهما الأول والأساسى لم يكن السعى إلى تحصيل معرفة جديدة لفائدة المجتمع، أو لتعزيز قوة الأمة أو الملك أو الدوق. إنما كان الحافز هو فهم عالم الطبيعة. إذ إنهما إزاء أى ظاهرة موضوع المشاهدة يريدان معرفة أمرين لماذا وكيف -لماذا بمعنى ما هى العلة الأساسية وليس المعنى الغائى أى لأى غاية؛ لذلك فإن جريجور مندل Gregor Mendel وهو قسيس فى دير أوغسطينى سأل نفسه لماذا الناتج الهجين من البسلة الخضراء والصفراء فى الحديقة أنتج من البسلة الصفراء ثلاثة أضعاف البسلة الخضراء. إنه لم يسأل لماذا فرض الرب هذه النسبة تحديدا التى كد وجاهد لمشاهدتها، ولا لأى هدف ذلك، وإنما سأل فقط ما تفسير ذلك؟

وشهدت الأعوام الثلاثمائة منذ صدور كتاب نيوتن "البرنكيبيا" أو المبادئ الأساسية نموا عظيما فى معرفتنا بالطبيعة بل وشهدت ما هو أكثر تقدما ضخما فى الخبرة العملية التقنية فى جميع مجالات الحياة. وجدير بالذكر أن هذه المجالات من العالم ذات العلاقة المباشرة بهذه المهارات التقنية، مستوى المعيشة والصحة العامة ومتوسط عمر الغالبية العظمى من السكان، قد زادت زيادة عظمى. ولن يزعم أحد ألا رابطة بين هذين التطورين. وواقع الحال أن كل امرئ تقريبا مدين لكل مظاهر التقدم فى العلم لما تحقق من نعم اجتماعية على مدى القرون الثلاثة. والقول بأنه كانت هناك كلفة باهظة أيضا قول صحيح أيضا مثل عمليات التأقلم والتكيف مع التغيرات الاجتماعية الناتجة عن الابتكارات الجديدة مع زيادة القدرات التدميرية للحروب. ويحدث أحيانا أن يرى الناس هذه الكلفة دليلا يدعو إلى معارضة العلم والزعم بأنها تتجاوز حدود الاعتراف بمنافعها العظيمة. بيد أن هذا ليس هو بيت القصيد. إنه لولا نمو العلم الحديث وتطوره منذ عصر النهضة لظل المجتمع الغربى أفقر كثيرا جدا.

ويحدث نتيجة الرابطة المتبادلة التى ندركها عن صواب بين تقدم العلم والخبرات الاجتماعية أن كثيرين يظنون خطأ أن المرء بوسعه تعزيز هذه الرابطة أولا عن طريق دعم وتشجيع هؤلاء العلماء الذين يعملون دون أن يكون حافزهم الرغبة المنزهة عن الغرض والخالصة لفهم الطبيعة، وإنما عن طريق دعم من تدفعهم الرغبة فى نفع

البشرية ومن ثم يقومون بالأبحاث ذات الصلة الوثيقة نسبيا بعملية التطبيق. بيد أن الإبداعات التقنية النافعة يمكن ابتكارها بوفرة كبيرة داخل بنية من المعرفة العلمية العامة دون سواها، إذ بدونها يظل التفكير الإبداعي عقيما.

ومن المعترف به بشكل عام أن رجلا مثل توماس إديسون الذي لم يكن عالما بل مخترعا. قدم الكثير من المساهمات التقنية التي أفادت المجتمع بعامة إلى أقصى حد. بيد أن مثل هذا التقدم التكنولوجي يحدث فقط نادرا وببطء دون أن يتوفر لصاحبه فهم أساس شامل للعالم من حيث الأساس الذي تقوم عليه. وليس مصادفة يقينا أن عددا من مظاهر التقدم التكنولوجي في أوروبا قبل عصر النهضة، أو في الصين، هي أحداث لا ذكر لها عند مقارنتها بعدد نظيراتها خلال القرن الثامن عشر أو ما بعده في أوروبا، وأن من المسلم به أن معظم الأعمال المهمة لكل من لابلاس ولا جرانج في مجال الميكانيكا السماوية Celestial mechanics إنما حفزهما إليها إلى حد ما رغبتهما في تحديد ما إذا كانت المجموعة الشمسية ثابتة أم أن ثمة خطرا يهدد حياة البشرية وتزول بسبب كارثة سماوية. وجدير بالذكر أن عددا قليلا جدا من علماء الطبيعيات والرياضيات، خاصة في القرن التاسع عشر، تبنوا الموقف المتطرف الذي قال به عالم الرياضيات الإنجليزي الحديث جي. إتش. هاردي G. H. Hardy الذي أعلن أنه فخور بنفسه بأنه لم يعمل قط في مجال الرياضيات التي لا تملك أدنى فرصة لتكون مفيدة أو للتطبيق. (تبين بعد ذلك له أنه أخطأ في ذلك؛ إذ إن نظرية الأعداد التي كانت مجال عمله الرئيسي، والتي حقق فيها إسهامات كثيرة ومهمة ثبت فيما بعد أهميتها القصوى في فك الشفرات. وواقع الأمر أنه في القرن التاسع عشر لم يكن هناك النوع نفسه من الفصل بين العلم البحت والعلم التطبيقي؛ أو بين الرياضيات البحتة والرياضيات التطبيقية كما هو الحال اليوم. وعلى الرغم من هذا كله فإن علماء كبار مثل جاليليو ونيوتن ولافوازيير وبويل ولاجرانج وداروين وباستور وهلمهولتز وكيلفن، وبولتسمان، وجوس وفاراداي وماكسويل وجيبس وكوري، وبلانك وأينشتين ولورينتز وبوانكاريه وبور، ورازرفورد وهيزنبرج وشرودنجر وجيراك وفيرمي وغيرهم كثيرون ممن يتعذر

ذكرهم لم يكن حافزهم الأول الرغبة فى اكتشاف طرق جديدة مفيدة للعالم؛ وإنما أرادوا جميعا فهم ما الذى جعل الطبيعة تعمل على نحو منتظم -كذلك أينشتين- الذى لم يكن متدينا بل كثيرا ما استخدم كلمة الرب على سبيل المجاز- قال فى هذا الصدد:

أريد أن أعرف كيف خلق الرب العالم. إننى غير معنٍّى بهذه الظاهرة أو تلك. أريد أن أعرف أفكاره وما عدا ذلك فهى تفصيلات".

ويمثل علم الطب بوضوح استثناء لهذه الحجة؛ إذ إن حافز العالم الطبى هو، وينبغى أن يكون فى الأساس، خير الإنسانية. ولكن حتى فى هذا المجال نجد من المفيد أن نتذكر كلمات أبو قراط: "طبيعة الجسد هى بداية علم الطب". وها نحن اليوم بطبيعة الحال ندرج ضمن طبيعة الجسد مكوناته الميكروسكوبية التى تم اكتشافها ودراستها دراسة خالصة بغية الفهم. ولعل باستور هو أعظم مثال للإنجازات فى هذا المضمار.

وأول شيء ينبغى أن يكون واضحا عن العلم هو أنه ليس مؤلفا من تجمع بسيط من الوقائع تم جمعها عن طريق الملاحظة والمشاهدة. إن العلماء ليسوا نسخا من توماس جرادجرند فى رواية ديكنز الأيام الصعبة Hard Times الذى حاجج من أجل المحاجاة والجدل.

"حقيقة، حقيقة، حقيقة" و"حقيقة، حقيقة، حقيقة... عليك فى كل الأمور أن تكون منظما ومحكوما بالحقيقة، نأمل أن تملك قبل وقت طويل مجلسا من الحقيقة مؤلفا من مفوضين للحقيقة، الذين سيجبرون الناس على أن يكونوا شعب حقيقة، ولا شيء غير الحقيقة. يجب عليك أن تنبذ كلمة خيال نبذا تاما. إذ لا شيء يلزمك بالعمل بها.

إن جمع الحقائق عن طريق الملاحظة والتجربة هو الخطوة الأولى غير أن هدف العلماء هو اكتشاف أكبر عدد من الترابطات بين هذه الحقائق وأن يفهموها ويفسروها. إن الحافز إلى فهم العالم وفك شفرته فى نظر بعض مبدعى الصرح العلمى هو حافز

جمالي. ونراه عند آخرين حافزا له مكوّن صوفي غامض بل ديني. بيد أن حافز كل منهم لم يكن أولا وأساسا العزم على عمل شيء ما مفيدا (باستثناء علماء الطب). كذلك فإنهم لا يقنعون فقط بجمع المعلومات لاستنباط نظريات تفسرها. ولنتأمل معا ما قاله جون ماينارد كينز. عالم الاقتصاد والإنجليزي الذى جمع هواية مسودات إسحق نيوتن غير المنشورة، عن هذا العالم العظيم:

فى القرن الثامن عشر ومنذ أن بدأ الاعتقاد بأن نيوتن أصبح أول علماء العصر الحديث وأعظمهم، عقلانى علمنا كيف نفكر فى التزام بعقل غير منحاز عاطفيا. وليست له صبغة تلوثه. إننى لا أراه فى هذا الضوء. إننى لا أظن أن أى امرئ فكر مليا فى محتويات الصندوق الذى جمعه عندما ترك أخيرا كمبريدج عام ١٦٩٦. وإن تشتت جزئيا ولكنه وصل إلينا، يمكن أن يراه على هذا النحو. إن نيوتن لم يكن الأول فى عصر العقل، إنه آخر السحرة، آخر البابليين والسومريين، آخر عقل عظيم تطلع باهتمام إلى العالم المرئى والعقلى بالعيون نفسها مثل أولئك الذين استهلوا تشييد ميراثنا الفكرى منذ أقل من ١٠,٠٠٠ آلاف سنة مضت. إسحق نيوتن المولود بعد وفاة أبيه فى يوم عيد الميلاد عام ١٦٤٢ كان الطفل الأعجوبة الأخير الذى يتعين على المجوس أن يعلنوا له البيعة الصادقة.

إذا صدمتك هذه الكلمة ورأيت فيها قدرا من المغالاة الرومانسية فإننى أوافقك. ولكن الأمر الحاسم هو أن جوهر عمل العلماء هو تفسير عالم المشاهدة عن طريق بناء نظريات. وأنه على نقيض ما يعتقده بعض فلاسفة العلم نرى أن النظريات ليست مستنبطة من وقائع معطاة ندركها عن طريق عملية ميكانيكية نسميها استقراء. إننا ننتجها عن طريق ما سماه توماس جيرادجرند Thomas Gradgrind ساخرا الخيال، ولكننا ندعمها ونؤكدها بالتجارب والملاحظات.

وجدير بالذكر أن إسحق نيوتن عندما أعلن أفكاره الشهيرة بقوله "أنا لا أؤلف فروضا" إنما كان يعني أنه لا يستغرق في تأملات نظرية، كما كان مألوفا أحيانا عند فلاسفة الطبيعة وعلمائها في ذلك الوقت. إن نظريته عن الجاذبية مؤسسة على بيانات لاحظها. ومع ذلك فإن هذه البيانات لا تفضي إلى نظرية عامة عن طريق عملية منطقية بحتة؛ إذ إن ما هو مطلوب كما أوضح أينشتين "حدس تدعمه رابطة بالخبرة العملية" حقا إن البديهيات التي تشكل الأساس للنظريات الفيزيائية الرئيسية كما أكد أينشتين في محاضرته "محاضرة سبنسر Spencer Lecture عام ١٩٣٣ هي ابتكارات حرة للعقل البشري". لم يكن يقصد إنكار أن الابتكارات الحرة لابد وأن تكون في النهاية مرتبطة بمشاهدات تجريبية، ولكنها ليست هي التي تحددها. وثمة هوّة كبيرة بين سقوط التفاح وتحرك الكرات ومدارات الأفلاك من ناحية وبين معادلات الحركة وقانون الجاذبية الكونية من ناحية أخرى. لا يوجد جسر منطقي يصل ما بين الخبرة والمبادئ الأساسية للنظرية (أينشتين). وعلاوة على الاستدلال الأصلي الذي يصل من العلاقة بالخبرة إلى نظرية علمية، هناك القيد الإضافي بأن تنبؤات النظرية يتعين التحقق منها في ضوء الملاحظة فيما بعد. (وكلمة تنبؤ في هذا السياق لا تشير بالضرورة إلى مشاهدة في المستقبل بل قد تعني توضيح واقع تجريبي أو مشاهدي معروفا سابقا لم يكن في الحسبان عند تكوين النظرية). وسبق أن كتب عالم البيولوجيا بيتر ميداوار Peter Medawar "بأن العملية التي تصل بنا إلى صياغة الفرض ليست منافية للمنطق ولكنها غير منطقية أي خارج المنطق. ولكن ما أن يتشكل لدينا رأي فإن بالإمكان أن نعرضه للنقد، ويكون ذلك عادة عن طريق التجريب".

ونجد أمثلة كثيرة على أن القوة الدافعة للعلماء النظريين ولعلماء الرياضيات أيضا بعيدة كل البعد عن أفكار الإمكانية التطبيقية التي نراها أقرب إلى الفنان. وإذا رأى البعض أن ثمة رهبة غامضة إزاء الطبيعة والتي تكاد تقترب مما يشبه شعورا دينيا فإن كثيرين آخرين يرون هذه القوة الدافعة في الإعجاب بالجمال. والحقيقة المؤكدة أن جمال بنية رياضية لمعادلة مثلا أو لنظرية علمية لا يمكن تقديره إلا بعد أن يكون قد

توفر لصاحبها نوع التدرب اللازم والمعرفة اللازمة، تماما مثلما هو الحال بالنسبة لأنواع أخرى من الجمال الذى يحظى بإعجاب كبير فإنه يستلزم ذوقا على حظ رفيع المستوى من التعلم لكى يكون التقدير الجمالى صحيحا وكاملا. وحرى أن نذكر هنا ما كتبه أينشتين بمناسبة وفاة عالم الرياضيات إيمى نوثير Emmy Noether:

"الرياضيات البحتة هى من زاوية ما، شعر الأفكار المنطقية. إن المرء يلتمس الأفكار الأكثر عمومية للعمل والتى تجمع فى شكل بسيط ومنطقى وموحد أعظم دائرة ممكنة من العلاقات الشكلية. وإنه من خلال هذا الجهد فى سبيل الجمال المنطقى يتم اكتشاف الصيغ الروحية اللازمة للنفاذ إلى أعمق قوانين الطبيعة".

ولكن ثمة فارقا جوهريا بين الحافز الجمالى لفنان ما والحافز الجمالى لعالم: إذ الفنان لا يكون خاضعا لأى سلطة أخرى، بينما العالم مضطر إلى أن ينحنى للحكم الأخير أى وهو التوافق مع الوقائع كما كشفت عنها التجربة أو الملاحظة. إذ يوجد توتر متصل بين خيال العالم المحلق طليقا والحاجة إلى ضبط هذا التحليق الطليق للفكر وتنظيمه عن طريق المقارنة النقدية مع المعطيات التجريبية. ونقرأ نصيحة ميشيل فاراداى العالم التجريبى العظيم فى القرن التاسع عشر إذ يقول: "دع الخيال ينطلق مسترشدا بالمبدأ الأساسى وملكة الحكم والتقييم ولكن وأنت ممسك زمامه وتوجهه بالتجربة". وواضح أن هذا الجانب من إبداع العالم متمايز عنه بالنسبة للفنان الذى لا يخضع لمثل هذا القيد. وهذا هو الجانب الذى أكده إرنست رازرفورد Ernest Rutherford الذى يؤكد لنا أن: "عالم الفيزياء... لديه ما يبرر الإيمان بأنه يشيد فوق صخرة الواقع الصلبة وليس فوق رمال متحركة من الفروض الخيالية كما يحلو لبعض الإخوة العلماء تحذيرنا منه".

ومع ذلك فإن الجماليات لها دور مهم سواء فى تقدير القبول الأولى لنتيجة ما عند الإعلان عنها أو فى القيمة الممنوحة بعد قبول صحتها. وليس معنى هذا أن العلماء يقبلون فقط النظريات الجميلة أو أن لديهم استعدادا لذلك دون القبيحة، بل إنهم أيضا

يعجبون كثيرا بالبراهين الجميلة والأنيقة ويغضون من قيمة البراهين المعقدة والخرقاء دون ضرورة. ويقول فى هذا الصدد عالم الفيزياء الفلكية إتش بوندى: "إن من بين ما أذكره بوضوح شديد أننى عندما عرضت اقتراحا بدا لى مقنعا ومعقولا لم يشأ أينشتين أن يعارضه بل اكتفى بقوله "آه ما أقبحه"... لقد كان مقتنعا تماما أن الجمال مبدأ هادئ فى البحث وصولا إلى نتائج مهمة فى الفيزياء النظرية".

والأمر بالمثل عند علماء الرياضيات الذين يعلون كثيرا من قيمة الجمال والأناقة فى التصميم. ليس مهما مدى جمال نظرية مفترضة، إذ لابد وأن تكون صوابا منطقيا، وتتم البرهنة على أنها كذلك لقبولها كفرضية. ونجد للجماليات دورا مهما لتحديد مدى القبول الأولى لنتيجة معلنة ولتحديد القيمة التى نضفيها عليها بعد قبول البرهان عليها. ومع هذا فإن عالم الرياضيات الهندى العظيم سرينيفاسا رامانوجان Srinivasa Ramanujan الذى شب دون تحصيل ميزة التعليم الشامل فى الرياضيات التقليدية، أعلن الكثير من المقترحات الرياضية المذهلة دون برهان ولكن معلمه وراعيه الإنجليزى جى. إتش. هاردى، وآخرين من علماء الرياضيات، أبدوا اقتناعا فوريا بصدقها لأسباب من بينها جمالها. وهذا لا يعنى بطبيعة الحال التخلى عن الحاجة إلى إقامة البرهان عليها قبل قبولها كفرضيات لنظريات (الأمر الذى تبين أحيانا أنه صعب شديد الصعوبة). ولكن على الرغم من بعضها، وهو قليل، ثبتت عدم صحته، فإن الجمال أسهم فى القول بصدقها للوهلة الأولى. وليس معنى هذا أن علماء الرياضيات يقبلون النتائج الجميلة بسهولة أكبر من قبولهم لنتائج قبيحة، وإنما هم يعجبون أيما إعجاب بالبراهين الجميلة الأنيقة ويقللون من قيمة البراهين المعقدة العاطلة من الأناقة دون ضرورة حتى وإن اضطروا بعد الإحجام على قبولها والإقرار بصوابها.

وعلاوة على الحافز الذى يحفز العلماء، نجد أن ما يميز العلم عن جميع الوسائل الأخرى لاكتساب المعرفة هو أولا وقبل كل شىء الموثوقية؛ أى الثقة التى تجعلها أهلا للاعتماد عليها، ونحن حين نعتقد أن المعلومات المنقولة إلينا فى صيغة ما كأن يكون مصدرها التقليد الموروث أو سلطة ما أو الحواس أو التفكير المحض وحده، فإن السؤال الذى يؤرقنا دائما هو أليس من المحتمل أن نكتشف أنه خداع؟ كيف لنا أن نكون على

يقين؟ إذا كانت المعلومات المكتسبة مؤسسة على التقليد أو السلطة فليس لنا من سبيل التأكد من صحتها دون الشك في التقليد الموروث أو السلطة. وهذا منهج غير مقبول اجتماعيا في العادة. إن مجرد الشك وحده مرفوض كما وأن الشاك نفسه ربما ينبذه المجتمع؛ لذلك فإن مثل هذه المعرفة تحبط أي جهد لتحسين المعرفة وتقدمها. وأكثر من ذلك أن المعرفة المرفوضة هي معرفة اعتمدت أو مؤسَّسة على مصدر واحد مقدس فإن السؤال ما الذي سيحل بديلا عنها: هل الإيمان بسلطة بديلة؟ ويشهد التاريخ أن الاختلافات بين المؤمنين بمثل هذه الأفكار على اختلاف سلطات كل فريق قادت البشر إلى حروب دموية. ونعرف أن المعرفة الناشئة عن الحواس ليست معصومة من الخطأ على وجه القطع واليقين. هذا غير أن الأخطاء يمكن تصويبها بفضل ملاحظات جديدة، وهذه بدورها خاضعة لمزيد من البحث والتحقق. وجدير بالذكر هنا أن الخلافات بين العلماء، وإن تكن شائعة إلى حد ما بل وضارية أحيانا، فإنها لم تدفع البشرية إلى صدامات مسلحة. ونعرف أنه خلال ثمانينيات القرن التاسع عشر وقعت خلافات حادة بين علماء الطبيعيات وعلماء الاجتماعيات بشأن الصواب الموضوعي للمعرفة العلمية والمعروفة وقتذاك باسم "حروب العلم" Science Wars (انظر على سبيل المثال كتاب The Truth of Science) ولكن الاسم إنما صيغ على سبيل المجاز بطبيعة الحال. كذلك فإن المعرفة المؤسَّسة على فكر محض، مثل الرياضيات، تخضع للتصويب بفضل المزيد من الفكر والوصول في النهاية إلى البرهان. (لن أتناول في كتابي هذا المسألة الفلسفية العميقة عن طبيعة البرهان الرياضي كما أنني لن أستطرد بحثا عن أصل منشأ المعرفة الرياضية).

واعتاد بعض فلاسفة العلم تحديد ضروب من الإجراءات الصارمة التي اعتبروها بمثابة "المنهج العلمي". ولكن مثل هذه المحاولات أخفقت دائما. وجدير بالذكر أن المنهج العلمي -دون كتابة العبارة بين حاصرتين - وصفه وصفا جيدا عالم البيولوجيا توماس هكسلي Thomas Huxley (أحد أهم المدافعين عن شارلس داروين) إذ قال إنه الحس المشترك في أحسن صورة، أي دقة صارمة في الملاحظة ورفض بلا رحمة للزيف في المنطق، ونقرأ في عبارات قوية لعالم الفيزياء الأمريكي بيرسي بريدجمان Percy

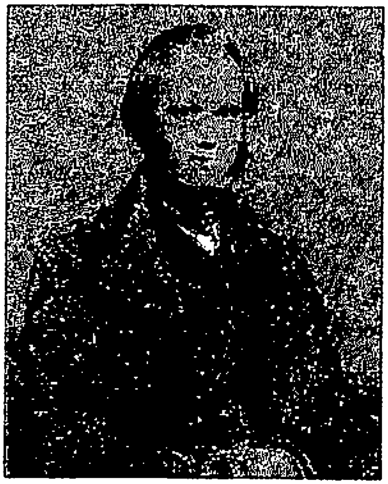
Bridgman "أن تستخدم رأسك دون حواجز تحد من إدراكك"، ولكن هناك بطبيعة الحال معايير حاسمة للحكم والاختبار. إن نظرية ما ربما توصل صاحبها إليها فى ضوء بعض المعلومات القائمة على الملاحظة والتجربة، ولكن لابد وأن تشتمل على بعض المعلومات الجديدة التى تخضع بدورها لاختبارات قائمة على الملاحظة أو التجربة. وطبيعى أن النظرية لا قيمة لها بدون مثل هذه التنبؤات. ولكن مهما تعددت وتراكمت عمليات الإثبات، فإن هذا لا يعنى إقرار صواب النظرية إلى الأبد. ونظرا لوجود أمثلة للاختبار التى تجرى بلا نهاية لذلك فإن أى نظرية علمية هى دائما نظرية مرحلية.

إننا نعرف أن قوانين الحركة عند نيوتن وكذا قانونه عن الجاذبية الكونية تمثل جميعها إنجازات مهولة، وتحققت بفضل اختبارات لا حصر لها. ومع ذلك تبين لنا بعد ثلاثمائة سنة أنها صواب فقط داخل مجال معين من التطبيق، وهو مجال المشاهدات وحدها التى توصل إليها نيوتن ونعنى بذلك مجال الأجسام التى تتحرك ببطء بالمقارنة بسرعة الضوء والتى تتصف كتلتها بأنها ليست ضخمة جدا. ومن ثم فإنها فى سياق أكثر عمومية يتعين إبدالها بقوانين جديدة أكثر عمومية وهى القوانين التى أضافها فيما بعد ألبرت أينشتين، وأكثر من ذلك أنه بحسب سلم تدرج الذرات -سلم لم يكن متاحا وقتذاك لنيوتن- فإن الإطار العام كله لميكانيكا نيوتن يتعين أن تحل محله إطار ميكانيكا الكوانطا (الكم) ومع كل ما نعرفه ندرك أن كلا من نظرية أينشتين عن النسبية وميكانيكا الكوانطا سوف يتم إبدالهما بالضرورة فى وقت ما مستقبلا.

وإذا شئنا أن يتوفر لدينا حس ما بالطريقة التى يتبعها العلماء فى عملهم، ليسمح لنا القارئ بالنظر إلى بعض الأمثلة العيانية المحددة لعدد من العلماء العظام وإنجازاتهم الرئيسية فى المجالات المختلفة: شارلس داروين، وجريجور مندل، ولويس باستور، وميشيل فاراداى، (وجميعهم عاش فى القرن التاسع عشر)، وماكس بلانك، نصف عمره فى القرن التاسع عشر، والنصف الثانى فى القرن العشرين، وإنريكو فيرمى فى القرن العشرين. (وثمة مثال آخر ممتاز ألا وهو مارى كورى غير أن قصتها معروفة وشائعة ولهذا لن أعيد روايتها هنا).

شارلس داروين

الكابتن روبرت فيتزروى Robert Fitzroy البالغ من العمر السادسة والعشرين عاما، والمتمتع بصحة وقدرة لا يدانيه فيهما أحد قد تولى إمرة السفينة بيجل وبدأ يستعد للقيام برحلة لمسح قطاعات نصف الكرة الجنوبى بما فى ذلك أمريكا الجنوبية. شرع يبحث عن رجل لا يستطيع فقط إنجاز الملاحظات التفصيلية اللازمة الخاصة بالحياة النباتية والحيوانية التى تصادفهم فى رحلتهم، بل ولديه القدرة على العمل رفيق طريق يؤنسه ويحادثه بأحاديثه الممتعة أثناء الرحلة، وكان شارلس داروين هو الرجل الذى قدم نفسه له، وهو باحث طبيعى متحمس تخرج لتوه بجامعة كمبريدج خاصة بعد أن قرأ كتاب ألكسندر فون همبولد "رواية شخصية عن رحلة إلى منطقة الاعتدالين فى القارة الجديدة". وأوضح فيتزروى للشاب المتحمس والمرشح غير الخبير بطبيعة المصاعب والمشاق المتوقعة طوال الرحلة الطويلة والخطة الموضوعة لها. وبعد هذا أعجب به كثيرا فيتزروى ومن ثم قبله ليكون رفيقه. وأخيرا انطلقت السفينة بيجل بعد تأخر عن موعدها لبعض الوقت وغادرت ميناء بلايموث فى ديسمبر/ كانون الثانى عام ١٩٣١.



شكل ٢-١ لوحة بالألوان المائية لشارلس داروين فى أواخر ثلاثينيات القرن ١٩، رسمها جورج ريشموند

وبعد شهرين رست السفينة عند ساحل ما نسميها الآن الأرجنتين؛ حيث تجولوا راجلين أو راكبين الخيل وسط غابة مطيرة. وشرع داروين في جمع عينات من الطيور والنباتات على الأرض وكذا حيوانات بحرية ويضعها في شبكة تجرها السفينة. وعمد أكثر من ذلك إلى أن يستخرج بالفأس حفريات مطمورة في التلال الساحلية المكتشفة ورأى أنها بقايا حيوانات اندثرت. وكم كانت دهشته كبيرة إذ بدت له مشابهة كثيرا جدا لبعض الكائنات الحية الآن في المناطق المجاورة. وكان كلما أتيحت له الفرصة يرسل العينات والحفريات التي تتزايد عنده إلى كمبريدج عن طريق نظام البريد البحري. وسجل بدقة كل شيء وأعد قوائم بها مع الالتزام بقواعد الدقة العلمية حسبما تعلم في كمبريدج. وجدير بالإشارة أن قراءته للمجلد الأول الصادر حديثا من كتاب شارلس ليل Charles Lyell "مبادئ الجيولوجيا" الذي قدمه له فيتزروي قبل الرحيل قد أجّج طموح داروين العلمي وغيرت نظرته إلى تاريخ كوكب الأرض. (ووصلته نسخة من المجلد الثاني من كتاب ليل بعد فترة وهو في الرحلة). ولكن لم تسر الأمور سهلة ورخاء مع فيتزروي كشريك ومحادث متلائم الطباع. إذ تبين أن الكابتن محافظ أصولي مسيحي حتى النخاع. وعلى الرغم من أن الاثنين أصبحا صديقين ودودين فإنه حدثت مشادات فكرية كثيرة بينهما. وأكثر من ذلك أن داروين مهيأ للإصابة بدوار البحر الأمر الذي لم يساعده في الاستمرار في المحادثات.

ومع حلول منتصف عام ١٨٣٤ وصلوا إلى المحيط الهادي بعد مرورهم عبر مضيق ماجلان وتييرا ديل فويجو وبدأوا في التوجه شمالا على طول الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية. وشاهدوا من هناك على البعد انفجار بركان قريب من المكان وتبعه زلزال شديد وكذا إعصار تسونامي. وبعد نزولهم إلى البر شرعوا في مسيرات استكشافية على صهوة الجياد لمسافات طويلة مما سمح لداروين أن يشاهد الآثار المدمرة لهذه الأحداث كما سمحت له بتجميع عينات من الحيوانات والنباتات وكذا بعض الحفريات. وأبحرت السفينة بيجل من موقعها هذا وعلى مدى ستمائة ميل غرب الاكوادور إلى جزر جالاباجوس. والمعروف أن زائرين سابقين زاروا هذه المنطقة

وسجلوا المشـهد البركاني الغريب والسلوك الجريء للوحوش والطيور -وذكرته الأحداث المحيطة به هـناك بالوصف الذى وصف به ميلتون الجحيم فى روايته الفردوس المفقود- الذى اعتـاد داروين أن يحتفظ معه بنسـخة منهـا. وشـعر داروين بالذهـول إزاء غرابة الحـيوانات التى شـاهدها. طائر البطريق فى المنطقة الاسـتوائية. وثمة أنواع غريبـة ومـتعـددة من السـحـالى الضـخمـة والمسماة الإغوانا Iguana تملأ المكان هنا وهناك. وجمع كميات ضخمة من العينات سواء من الحياة النباتية الغريبة والحيوانية وأعدادا كبيرة من نباتات غير مـألوفة. ولكن تبـين له فى حالات كثـيرة من هـذه المقتنيات التى بدت له أول الأمر أنها متطابقة إنما هى أنواع مختلفة بعد فحصها فحصا دقيقا فى بريطانيا.

وأبحرت بيجل من جزر جالاباجوس عبر تاهييتى إلى نيوزيلاند وأستراليا. وعلى الرغم من حالة الصدود التى شـعر بها داروين فى سيدنى بسبب المستوطنين الذين تم ترحيلهم إلى هـناك فى الأصل كمـجرمين، فإنه شـعر بالذهول إزاء الحـيوانات الغريبة هناك من مـثل البلاتيبوس Platypus وهو حـيوان مـائى ثديى. كذلك فإن بعض الطيور مـثل الببغاوات بدت له غريبة بينما طيور أخرى مثل الغربان وعصـافير العقعق ظهرت وكـأنها تشبه كثـيرا جدا نظيـرتها فى إنجلترا. وأبحـرت السـفينة غربا بعـد ذلك إلى المحيط الهندى على الطريق إلى جزر كوكوس Cocos وشـاهدوا هناك لأول مرة حواف صـخور المرجان المتراصـة والمتلاصقة. وواصلوا الإبحـار حتى توقفوا عند كاب تاون لزيارة قصيرة. ثم أبحـروا شمـالا عائدين إلى إنجلترا. ورست السـفينة بيجل فى ميناء فـالموث فى الثـانى من أكتوبر/ تشرين أول عـام ١٨٣٦. لقد طالت غيبتـهم لمدة خمس سنوات. أبحروا خلالها حول الكرة الأرضية.

لقد كانت الرحلة البـحرية الطويلة رحلة استكشافية محضـة ولم تكن بغرض جمع أدلة لنظرية التطور التى وضـع داروين قواعدها بعد العودة فقط. لقد تعلم وعرف على مدى الرحلة دلائل توضـح الطبيعة المتغيرة لكوكب الأرض على مدى تـاريخـها الطويل وذلك من خـلال قراءة مـجلدى كتـاب شـارلس لييل "مـبادئ الجيولوجيا" ثم قراءته بعد

العودة لدراسة صدرت حديثا بعنوان "مثال عن المبدأ الأساسى للسكان" بقلم توماس مالتوس. وتأثر كثيرا بهذه الدراسة إذ عرف من خلالها الصراع من أجل البقاء كقانون سائد بين جميع الكائنات الحية. واستكمل داروين، وهذه الأفكار فى ذهنه، رؤيته عن الحياتين النباتية والحيوانية التى شاهدها وجمع عينات عنها فى رحلته مع كابتن فيتزروى. وتوصل إلى نتيجة مفادها أن الأنواع لم تكن وحدها هى التى تتطور على مدى الزمان ولم تكن ثابتة مرة وإلى الأبد، بل إن الآلية الدافعة لهذا التطور هى ما سماه الانتخاب الطبيعى. وإليك كيف صاغ رأيه هذا فى كتابه العظيم "عن أصل الأنواع بواسطة الانتخاب الطبيعى" (b.6):

> **على الرغم من أن الكثير جدا لا يزال غامضا، وسوف يبقى غامضا فإننى لا أشك الآن، وبعد الدراسة التى بلغت أقصى حد ممكن من التروى والتنزه فى الحكم قدر الاستطاعة أرى أن نظرة الغالبية العظمى من علماء الطبيعيات والتى كنت آخذ بها فى السابق -أعنى القول بأن كل نوع جرى خلقه مستقلا- إنما هى نظرة خاطئة. إننى مقتنع تماما بأن الأنواع ليست أبدية على حالها. ولكن تلك التى تنتمى لما نسميه الجنس الواحد إنما هى سلالات خطية المسار لأنواع أخرى منقرضة؛ وبالطريقة نفسها بالنسبة لتقسيمات الفصائل المعروفة لأى نوع إنما هى سلالات لذلك النوع. علاوة على ذلك فإننى مقتنع بأن الانتخاب الطبيعى كان الوسيلة الرئيسية وليس الحصرية للتعديلات.**

وإذا كان كل جيل يرث خصائص الجيل السابق عليه فإن نقل الخصائص لم يأت كاملا تماما، وإنما خضع دائما لتباينات بسيطة لأصل غير معروف. (ويلزم الإشارة إلى أن داروين بطبيعة الحال لم يكن يعرف القوانين الحاكمة للوراثة ولا الآلية البيولوجية لها إذ لم تكن قد اكتشفت بعد). ونتيجة لذلك فإن كل جيل جديد لنوع ما يحتوى على خليط من الأفراد ليست جميعها متكيفة على قدر متساو مع البيئة المحيطة

بها. وإن الأكثر والأفضل تكيفا فازت على غيرها بإنتاج ذرية أكثر، ومن ثم فاقت الأقل تكيفا من حيث العدد والبقاء كنوع متغير. ومع تغير الظروف على كوكب الأرض على مدى أزمنة طويلة تغيرت الأنواع بدورها لأن مجموعات مختلفة من الخصائص أثبتت أنها متكيفة أفضل من غيرها من الأوضاع الجديدة. وهذا هو ما كان يعنيه داروين بمصطلح الانتخاب الطبيعى الذى أثار جدلا واسعا. ولقد هوجم المصطلح لمخالفته معتقدات من يرون أن الأنواع ظهرت على سطح الأرض بغير هذا الأسلوب وأنها أبدية دون تغيير. ولقد كان داروين فى السابق قبل الرحلة يشارك هؤلاء معتقدهم. وكان داروين واعيا تماما بهذا النقد (الذى لا يزال مثارا حتى يومنا هذا). وواجه أصحابه فى صفحة رقم ٢: إذ قال:

"... أدرك جيدا أنه لا توجد فكرة واحدة نوقشت فى هذا الكتاب لا يمكن تقديم وقائع لإثباتها، بحيث تفضى إلى نتائج معاكسة وبشكل مباشر للأفكار التى توصلت إليها. إن النتيجة المنصفة لا يمكن الوصول إليها إلا بإثبات كل الوقائع والحجج والموازنة بينها على كل من جانبى كل مسألة على حدة".

وحيث إنه كان هو نفسه متدينا، وزوجته أكثر منه، فقد كان شديد التردد والإحجام عن إثارة مشاعر أحد خاصة زوجته. بيد أنه رفض الفكرة القائلة إن نظرته التى قدمها عن الحياة تفتقر إلى الاحترام الذى يُضفيه عليها الدين. وتوضح لنا الكلمات الختامية مدى الرهبة التى كان يستشعرها إذ تقول:

"ثمة عظمة فى هذه النظرة إلى الحياة بكل ما فيها من قوى عديدة؛ إذ سرت فى البداية على هيئة صور قليلة أو واحدة. وإنه مع بداية دوران هذا الكوكب وفقا لقانون الجاذبية الثابت من بداية بسيطة تطورت إلى ما لا نهاية فى صور وأشكال غاية فى الجمال والإثارة".



شكل ٢-٢ رسم هزلي عن نظرية التطور نشرته
مجلة هاربر الأسبوعية في ١٩ أغسطس/ آب ١٨٧١

ومع ذلك فإن داروين أرجأ ولزمن طويل نشر مخطوطاته إلى أن اقتنع أخيرا بأن يحتفظ لنفسه بالسبق لنظرته الثورية الثاقبة الجديدة. واقتنع بذلك حين أدرك أن عالم الطبيعيات ألفريد رسل والاس لديه أفكارا مماثلة وأنه على وشك نشرها. وأخيرا في عام ١٨٥٩ تم نشر كتاب "أصل الأنواع بواسطة الانتخاب الطبيعي" On the Origin of Species by Means of Natural Selection، ثم أتبعه بعد اثنى عشرة سنة بكتابه "سلالة الإنسان والانتخاب من حيث العلاقة بالجنس". The Descent of Man, and Selection in Relation to Se. وسرعان ما ذاع صيت الكتابين وأحدثا رد فعل مثير وصاخب مفعم بالتناقضات. وارتكزت غالبية المعارضات على حجج دينية أو ما نسميه اليوم "التصحيح الذكي". لذلك كان عسيرا دحضها بحجة عقلانية. هذا على الرغم من أن البعض حاولوا ذلك من مثل عالم النباتات جوزيف هوكر وعالم البيولوجيا والإحاثة Paleontologist توماس هكسلي. ولكن كانت هناك دون ريب بعض الصعوبات العلمية.

وكان واضحا أن التطور المدفوع بالانتخاب الطبيعي هو عملية بطيئة غاية البطء بحيث إنها تستلزم عددا مهولا من الأجيال، ومن ثم ملايين السنين لكى نصل إلى دليل

على الأنواع المنقرضة التى سجلتها الحفريات ولكى نصل إلى تنوع الحياة الذى نشاهده اليوم بما فى ذلك البشر. ترى هل كان كوكب الأرض قديما إلى هذا الحد؟ وإذا كان المرء يؤمن بالتفسير الحرفى للكتاب المقدس فإن الإجابة هى لا بطبيعة الحال: إذ إن سفر التكوين فى التوراة قال إن الأرض لم يزد عمرها عن ٦٠٠٠ سنة. ولكن كانت هناك أيضا حجج علمية مؤسَّسة على براهين جيدة تبين أن كوكب الأرض أصغر عمرا بحيث لا يسمح بالسير البطىء للانتخاب الطبيعى لكى يدفع تطور الأنواع فى مساره وصولا إلى الإنسان العاقل أو الهومو سابينس homo sapiens. وجدير بنا الإشارة هنا إلى أن لورد كلفن وهو من أبرز علماء الفيزياء وقتذاك قدَّر عمر الأرض على أساس أنها بدأت فى صورة صهارة أو صخرة شديدة الحرارة ثم أخذت تبرد تدريجيا. وتوصلت حساباته إلى نتيجة هى أن عمر كوكب الأرض يتراوح ما بين ٢٠ و٤٠٠ مليون سنة، وأن العمر الأرجح هو ١٠٠ مليون سنة وهو غير كاف للتطور الداروينى.

ومن حسن حظ فكرة داروين نجد أن اكتشاف النشاط الإشعاعى مع نهاية القرن التاسع عشر غير جذريا معرفتنا بشأن عمليات التسخين؛ إذ إن النشاط الإشعاعى داخل أعماق كوكب الأرض يمثل مصدرا باطنيا للحرارة. وإذا وضعنا هذا فى الاعتبار مع التسخين بأشعة الشمس فإن عملية تبريد كوكب الأرض تزداد بطئاً بشكل جذرى ولهذا تم حساب عمر الأرض الآن قرابة ٤,٥٤ بليون سنة وهو زمن كاف تماما لصدق نظرية داروين. وتدعمت النظرية خلال هذه الفترة أيضا بفضل الاكتشافات الخاصة بقوانين الوراثة التى اكتشفها جريجور مندل وكذلك بفضل الآليات الكيميائية الحيوية لعلم الوراثة التى اكتشفها فرنسيس كريك وجيمس واطسن. وجدير بالذكر أن الجمع بين نظرية داروين ومعارفنا الراهنة عن علم الوراثة بات معروفا اليوم باسم المركب الحديث للتطور Modern Synthesis of evolution والذى يشكل اليوم أساس علم البيولوجيا.

وتوفى شارلس داروين عام ١٨٨٢ ومنحته الدول التكريم النادر بإقامة جنازة له فى وستمنستر أبى وورى التراب غير بعيد عن مدفن إسحق نيوتن.

جريجور مندل

ولد عام ١٨٢٢ ابنا لفلاحين فقيرين فى قرية هيزيندورف فى سيليزيا النمساوية (الآن جزء من جمهورية التشيك). وكشف جوهان مندل Johan Mendel وهو لا يزال صغيرا عن ذكاء شديد حتى إن أمه تصورت وكلها أمل مستقبلا له أفضل من الحياة البائسة لوالديه. واستلزم هذا بالضرورة العمل على تعليمه بينما هما لا يملكان من المال غير النزر القليل لكى يوفرا له التعليم المدرسى الضرورى. ومع ذلك بذل الأبوان كل ما فى وسعهما لتدبير المال للالتحاق بمدرسة أولية، ثم بعد ذلك، مع تضحيات كبيرة، للالتحاق بمدرسة عليا فى منطقة تروبو Troppau المجاورة؛ حيث أبلى هناك بلاء حسنا. وتمكن فى الواقع من الإفلات من حياة الفلاح، لعله يصبح مدرسا. ولكنه لكى يحقق هذا الأمر كان لزاما عليه تحصيل مقررات دراسية فى مكان مثل المعهد الفلسفى فى أولموتز Olmutz الأمر الذى سيكلف الأبوان ما لا يملكانه. واستطاع بمساعدة أخته علاوة على بعض المال الذى اكتسبه من العمل بالتدريس أن يدبر المال اللازم فى حدود الضرورة. ولم يكن باستطاعته الحصول على وظيفة معلم لولا علاقة وثيقة جمعت بينه وبين بعض الأصدقاء أو العلاقات الجيدة.

أحب مندل الشاب العلم خاصة الفيزياء والرياضيات ولم يكن ثمة شىء آخر أفضل منهما لكى يكرس حياته له. وأدرك أحد أساتذته أن جوهان يمتلك عقلا متميزا ولذا توصل أخيرا إلى اقتراح له: إلى أى مدى تحب أن تلتحق بدير أغسطينى فى بلدة ألتبرون Altbrunn لكى تصبح راهبا؟ إن بإمكانه العيش هناك علاوة على الدراسة وكذا التعليم فى مدرسة مجاورة. فكرة رائعة. لقد سبق أن اقترحت أمه ذلك منذ زمن بعيد وأنها تحب أن يصبح قسيسا، وها هى أمنيتها الآن تتحقق.

هكذا دخل جوهان مندل سلك الرهبنة فى دير سانت أوغسطين واتخذ لنفسه اسم جريجور جوهان مندل كما هى عادة الرهبان فى حمل اسم جديد. وعندما بلغ الخامسة والعشرين تم رسمه قسيسا، ثم بعد عام تم تعيينه مؤقتا معلما للرياضيات وكذا للأدب اللاتينى واليونانى القديم والألمانى فى المدرسة العليا فى زنيم فى مورافيا. ورغبة من

الدير فى تمكينه لكى يكون منصبه معلما منصبا دائما فقد دبر له الأمر وألحقه بجامعة فيينا لمدة عامين؛ حيث تلقى بحماس شديد مقررات دراسية فى علوم مختلفة من بينها الفيزياء على يدى الأستاذ الشهير دوبلار Doppler (مكتشف ما يعرف باسم ظاهرة دوبلار Doppler effect فى السمعيات). وعلى الرغم من هذا أخفق مرتين فى امتحان الحصول على شهادة الصلاحية للتعليم؛ إذ رفض فى عناد الاتفاق مع الممتحنين المتغطرسين حول بعض المسائل المتعلقة بالوراثة فى تربية الزهور. وتم تعيين مندل فى منصب تعليمى "مؤقت" فى المدرسة الحديثة فى برون (برنو الآن) وهو المنصب الذى ظل به لسنوات طويلة.

وعاش الأب مندل منذ ذلك الوقت فى دير أوغسطينى محلى قرب برون ويعلم فى المدرسة الحديثة. وحيث إنه بستانى متحمس التزم هواية تربية وتنشئة الأزهار الهجين التى يمكنه متابعتها على نحو ملائم فى حدائق الدير الجميلة. وسرعان ما تحول هذا العمل إلى ما هو أكثر من هواية: إذ بدأ يسأل نفسه أسئلة خاصة ومميزة جدا والتى لا يجد لها إجابة فى الدراسة الخاصة بالموضوع.. لماذا كانت نتائج تجارب التهجين من نوع خاص ثابتة إلى حد كبير، وتظهر نتائج واحدة دائما؟ ولكن حينما جعل حالات التهجين التى تبدو ظاهريا متساوية تخصب بعضها بعضا أو تجرى تخصيبا ذاتيا فإن النتائج فى الجيل الثانى لا تكون ثابتة. إذ بدا واضحا له أن حالات الهجين وإن بدت واحدة ومتماثلة، فإنها ليست متساوية. وقيل له إن هذا أمر يعرفه المسئولون عن التربية ومنذ وقت طويل أن الهجين سواء بين النباتات من مثل حبوب البازلاء وبين الحيوانات من مثل الحمام والأرانب لا تكون متطابقة. ولقد كانت نظرته إلى العالم الطبيعى أقرب إلى نظرة الكيميائى أو الفيزيائى. ونعرف أن مندل لم يتعاطف مع علماء النباتات فى قبولهم ظاهريا ألا سبيل للتنبؤ بالكائنات الحية. وهنا جعل هدفه هو إجراء تجارب منهجية للوصول إلى بعض الإجابات عن هذه الأسئلة. وخطط لهذا العمل بأن يواصل متابعة عمليات التهجين من جيل إلى آخر. وأدرك أنه لكى يكتشف القوانين الأساسية

للوراثة، إن كانت هناك قوانين لها، فإن عليه حساب النتائج لآلاف عمليات التهجين وفقا لمنهج حاكم من جيل إلى آخر.

وقرر أن يكون نبات البازلاء في الحديقة هو موضوع دراسته. والمعروف أن البازلاء نوع يخصب ذاته طبيعيا وأن من السهل نسبيا إجراء عمليات تلقيح متبادل باليد؛ علاوة على أن البازلاء الهجين خصبة تماما. وكان لزاما عليه أن يتأكد من أنه بدأ العمل ببذور متطابقة ولم تلوثها عمليات تهجين، وأن البذور الموضوعة داخل أكياس تحت اسم "بازلاء صفراء لا تنتج غير بازلاء صفراء" وليس لجيل واحد. كذلك الحال بالنسبة "للحبوب الخضراء" أو "للنباتات المتقزمة"... إلخ. ورغبة منه في أن يطمئن بدأ أول الأمر باختبار جميع البذور التي يستخدمها حتى وإن كانت قد وصلت إليه من مصادر موثوق بها، وأن يستمر الاختبار لموسمين اثنين ليعرف أنها متطابقة. وحرص مع كل مجموعة من التجارب أن يهتم فقط بخاصية واحدة من بين الخواص المميزة لسبعة أزواج (هذا على الرغم من أن نباتا مفردا سوف يكشف بطبيعة الحال عن أكثر من خاصية واحدة من هذه الخصائص المزدوجة. ١- شكل البذور (ملساء أم مجعدة). ٢- لون البذور (صفراء أم خضراء). ٣- لون غلاف البذرة (أبيض أم رمادي). ٤- شكل القرنة (غلاف حبة البازلاء) عند النضج (منتفخة أم متقلصة). ٥- لون القرنة غير الناضجة (صفراء أم خضراء)؛ ٦- وضع الزهور موزع ومتناثر أم متجمع حزمة عند القمة؛ ٧- طول جذع النبات (طويل أم قزم).

واستهل عمله وقتذاك في حديقته الواسعة وقسمها لتتناسب مع الاختبارات المختلفة لخصائص النبات، وكان المطلوب عمله بسيطا للغاية وإن كان رتيبا مملا إلى أقصى حد: يجب تلقيح كل زهرة يدويا. وقبل التلقيح يتعين قص العضو الذكري لكل زهرة صغيرة لتلقيحه تبادليا، وأخذ اللقاح بفرشاة ناعمة من زهرة شجرة بازلاء أخرى لنقلها إليها، وأخيرا وتجنبا لأي عملية تلقيح غير مضبوطة بسبب حشرة أو بسبب الرياح، غطى كل زهرة ملقحة صناعيا بغطاء من القماش يحيط بالزهرة تماما. واشتملت أول سلسلة من التجارب على قرابة ٣٠٠ عملية تخصيب متبادلة لسبعين

شجرة بازلاء، يصل نضجها لمدة حوالى ٨٠ يوما. وتجمعت لديه الآن بذور أول جيل للهجين. وانتظر ليزرعها على الربيع القادم. ولن يستطيع معرفة الشكل الحقيقى للهجين إلا بعد أن تنضج تماما.

واكتشف أن نتائج هذا الجيل الأول للتهجين مثيرة للدهشة. الخصائص الأبوية لم تكن موزعة عشوائيا بين الذرية بل نجد فى كل حالة عضوا من كل زوج من السمات الأبوية هو الغالب على الآخر: إذ إن جميع البذور من الهجين الطويل، القزم نما فى صورة نبات طويل، وأن جميع البذور الهجين المنتفخة -المتقلصة نمت فى صورة نباتات تحمل القرنة المتضخمة...إلخ- وأن سمة واحدة من السمتين مهيمنة دائما بينما السمة الأخرى متنحية Recessive كما سماها هو.

ومن ثم فإن النتائج التى توصل إليها بشأن الجيل الأول للهجين هى: ١- البذور الملساء مهيمنة على المجعدة. ٢- البذور الصفراء مهيمنة على الخضراء. ٣- الغلاف الرمادى للبذور مهيمن على الأبيض. ٤- القرنة المتضخمة مهيمنة على المتقلصة. ٥- اللون الأخضر للقرون غير الناضجة مهيمن على الأصفر. ٦- المجموعات المنتفخة المتناثرة مهيمنة على المجموعات عند القمة. ٧- جذور النبات الطويل مهيمنة على الجذور المتقزمة. واكتشف أخيرا أنه ليس صحيحا أن سمة واحدة تهيمن على السمات الأخرى فى جميع النباتات، وأن حالات الهجين تكون أحيانا خليطا من حيث الظاهر: هجين لأزهار حمراء مع أزهار بيضاء يعطى لونا قرنفليا. ومع ذلك يعتبر اكتشاف مندل لسمات مهيمنة وأخرى متنحية اكتشافا مذهلا.

وتمثلت الخطوة التالية فى السماح للجيل الأول من الهجين بالتخصيب الذاتى وذلك بربط الغطاء القماش المحيط بكل زهرة قبل نضجها بحيث يمتنع أى تلقيح خارجى. ووضع جدولا دقيقا لكل زوجين للخصائص السبعة عنده وماذا ستكون عليه خصائص الجيل التالى. ولوحظ أن بعض الذرية من الهجين الأملس -المجعد (والتى كانت ملساء) أصبحت ملساء، بينما أخرى كانت مجعدة -هذا على الرغم من أن السمة المتنحية لم تظهر فى جيل الهجين الأول، غير أنها ظهرت ثابتة فى الجيل الثانى.

وهذه هى الحقيقة المعروفة جيدا وهى أن الهجين لا يكون متطابقا دائما. وأدرك ضرورة الحذر والتزام مسار الأرقام حتى يستطيع التوصل إلى نتائج علمية. والمشكلة المحيرة حسبما رأى هى نسبة سمة واحدة إلى أخرى من حيث الظهور فى جيل الهجين الثانى. والشىء نفسه لكل أزواج السمات السبعة. ولقد كان زملاؤه من علماء النبات فى حيرة شديدة إزاء كل هذا ولم يفهم أحد منهم ما الذى يفعله أو سيصل إليه مندل.

وأوضحت النتائج الأولية لمندل ما اعتبره مهما: نسبة عدد النبات ذات السمات المهيمنة إلى عدد ذات السمات المتنحية فى جيل الهجين الثانى هى ٣,٠١ إلى ٠١ وإذا أكدت تجاربه التالية أن النسبة العددية هى مقاربة تجريبية لما كان يتوقعه عمليا ٣ إلى ١ فإنه بذلك حسبما رأى يكون قد اكتشف شيئا مهما. والحقيقة أنه حين حسب نتائج كل الآلاف من ذرية هجين الجيل الأول المخصب ذاتيا من أزواج السمات السبعة عنده وجد نسب السمات المهيمنة إلى المتنحية تغيرت من ٢,٨٤ : ١, ٠ ٣,١٠ : ١، ولم يكن هناك فارق واضح فى هذه النسب بين أى من أزواج السمات. ولكنه لم يقتنع، كما هو حال الغالبية العظمى من علماء النبات وقتذاك، بأن هذه النسبة تراوحت بطريقة غير محكومة -والقول بأن الحياة لا يمكن التنبؤ بها- وإنما استنتج أنه فى الجيل الثانى كشفت السمة المهيمنة عن نفسها بنسبة ٧٥٪ من المرات بينما السمة المتنحية ٢٥٪ من المرات.

ترى ما السبب الأساسى وراء هذه النسبة الثابتة؟ بعد تفكير طويل استحدث مندل نظرية: مصدر السمات المرئية لابد وأن يكون فى خلايا جنسية ذات نوعية خاصة فى كل لقاح وفى كل بويضة. وكان من رأيه أن خلايا الجنس **sex cells** للهجين تحتوى على كل من عوامل خاصة بالسمة المهيمنة والسمة المتنحية، ولكن أثناء التخصيب تنفصل هذه العوامل بالضرورة ويبقى عامل واحد فى اللقاح ليتحد مع عامل واحد فى البويضة دون تفضيل لأى منهما.

(وطبيعى أنه لم تكن لديه أية فكرة دقيقة عن "العوامل" الموجودة). معنى هذا أن هناك أربع طرائق لكى تؤلف أزواج العوامل من اللقاح والبويضة الخلايا الجديدة:

مهيمن-مهيمن، مهيمن-متنح، متنح-مهيمن، ومتنح-متنح، وأن الاختيار عشوائى. وتقود الثلاثة الأولى إلى نبات يحتوى السمة المهيمنة، والأخير وحده يقود إلى سمة متنحية: وهذه بالدقة نسبة ٣: ١ التى لاحظها. زد على هذا أن الاتحاد الأول والرابع من العوامل سيفضى إلى نباتات متطابقة -الأول ذو سمة مهيمنة، والرابع ذو السمة المتنحية- بينما الثانى والثالث إلى نبات يماثل هجين الجيل الأول. أو لنقل بعبارة أخرى إنه بين هجين الجيل الثانى جميع أفراد النبات التى تكشف عن السمة المتنحية ستكون نتاجا متطابقا، بينما التى تكشف عن السمة المهيمنة لن تكون كذلك. وتحقق من جميع هذه النتائج فيما بعد من خلال المزيد من التجارب.



شكل ٢-٣ جريجور مندل

وجدير بالذكر أن هذه النظرة أو البصيرة الرائعة وغير المتوقعة أبدا هى ما نسميه اليوم قانون الفصل عند مندل Mendel's Law of Segregation ومضى خمسة عشر عاما أخرى قبل اكتشاف الكروموزومات والتى رؤى أنها الحامل الفيزيقى للسمة الوراثية -أى العوامل التى اكتشفها مندل. ومضى خمسة وعشرون عاما أخرى قبل التأكد من تشكل خلايا جنس جديدة من انشطار أزواج الكروموزومات الأبوية حسبما تصور مندل بفكر مجرد دون أن يستفيد من معرفة الآليات الخلوية.

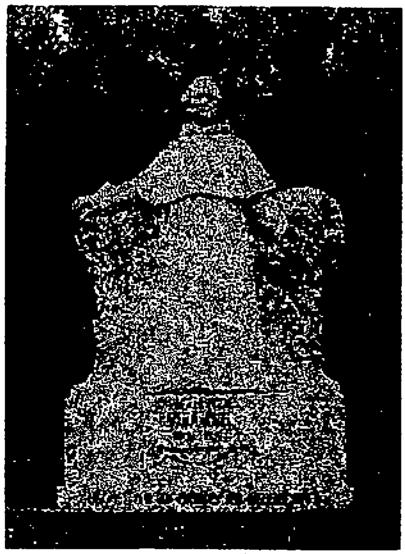
بيد أن كل هذا كان فى المستقبل. كان مندل مقتنعا تماما أنه اكتشف قانونا أساسيا للوراثة. وواصل تجاربه مع حبات البازلاء لسنوات لكى يتحقق من النبوءات المتضمنة فى أفكاره مع أجيال أكثر وأكثر من سلالات الهجين. واكتشف حقيقة أخرى مهمة: حالات الوراثة لأزواج السمات المختلفة فى النبات لا تتداخل مع بعضها، إنها مستقلة عن بعضها تماما. ونعرف هذا الآن باسم مبدأ التصنيف المستقل independent assortment، أو قانون مندل الثانى.

ومع الوقت عرف مندل بكتاب داروين المنشور حديثا، أصل الأنواع عن طريق الانتخاب الطبيعى، وناقشه مع آخرين. واستنتج أن التوضيحات اللاماركية التى كان داروين يعتمد عليها أحيانا غير ذات قيمة فى ضوء نتائجه التى توصل إليها. وكان مقتنعا بأن ما اكتشفه له دور أساسى فى فهم كيف حدثت التغيرات الوراثية التى افترضها وسلم بها داروين وأنها سدت الثغرة فى نظرية داروين.

وبعد ثمانى سنوات من التجارب على نبات البازلاء فى حديقته سجل مندل كتابة نتائجه وعرض ورقة بحث فى عام ١٨٦٥ فى اجتماعين لجمعية برون لدراسة العلم الطبيعى ونشرها ضمن محاضر جلسات الجمعية. وهنأه أصدقاؤه وإن لم يفهم أى منهم عمله. وانتظر لعله يعرف ردة فعل إصداراته وقد تم إرسال نسخة منها إلى أستاذ ذائع الصيت يعرف أنه خبير فى الموضوع. واستمر مندل فى إجراء تجارب التهجين مستخدما أنواعا مختلفة من النباتات. ولكن كم كانت صدمته عظيمة لأن الاستجابة العامة هى الصمت بل وكان لابد من مضى سنوات عديدة من تداول الرسائل مع الرجل ذائع الصيت الذى لم يصدر عنه أى شىء إيجابى أو مشجع. وعلى الرغم من أن مندل ثبت على إيمانه بأنه اكتشف مبادئ غاية فى الأهمية عن الوراثة، فإنه فقد إيمانه بأن اكتشافه سيتم الاعتراف به وإقراره وهو لا يزال حيا. وكم هو محزن أن تبين له أن هذه هى الحقيقة.

وعندما توفى رئيس دير القديس توماس، أسلم مندل نفسه للإلحاح عليه واقتناعه بالمشاركة لانتخابه خلفا للراحل. وهكذا فإن الأب مندل، ابن الفلاحين الفقيرين، أصبح

يحمل اسم الأب مندل. رئيسا لدير أوغسطيني عظيم الثراء. بيد أنه واصل دراساته العلمية على النباتات خلال أوقات الفراغ القليلة المتاحة له على الرغم من ثقل أعباء العمل الإداري. وتوفى مندل عام ١٨٨٤ بعد أن حظى بتكريم كبير وحب عظيم داخل مجتمعه دون أن يعرف أحد تقريبا، بمن فى ذلك شارلس داروين، أى شيء عن إسهاماته وفتوحاته فى مجال علم الوراثة.



شكل ٢-٤ نصب تذكارى لجريجور مندل مقام فى برنو عام ١٩١٠

ولم يكد يحل عام ١٩٠٠ حتى كان عالم النباتات الهولندى هوجو دى فرى Hugo de Vries الذى أجرى فى السابق تجارب على عمليات التهجين ونشر نتائج تجاربه. حتى صادف لدهشته مرجعا لكتاب مندل المنشور قبل ٣٤ عاما فى ثبت مراجع. ورأى أنه يشتمل بالفعل على جميع النتائج التى توصل إليها. وبعد ذلك بفترة قصيرة نجد عالم نباتات ألمانى يدعى كارل إريك كورينز Carl Erich Corens الذى عكف أيضا على دراسة تهجين البازلاء لعدة سنوات ونشر ورقة بحث تحت عنوان "قوانين جريجور مندل عن سلوك هجين السلالات" وفى العام نفسه نجد عالم نباتات نمساوى يحمل اسم إريك تشيرماك Erich Tschermak وقد نشر ورقة بحث عن تهجين البازلاء وأعرب

فيها عن العرفان العظيم بالجميل للراهب الأغسطينى. وهكذا أخيرا تم الاعتراف بأعمال جريجور مندل بعد وفاته بستة عشر عاما. وأخيرا فى عام ١٩١٠ أقيم نصب تذكارى تكريما له فى مدينة برنو (انظر شكل ٢-٤).

لويس باستور

لويس باستور المولود فى منطقة جورا Jura فى فرنسا شب وترعرع وهو فى العشرينيات وقتما عاد شارلس داروين من رحلته إلى باتاجونيا وجزر جالاباجوس. بعد أن أنهى تعليمه فى مدرسة المعلمين العليا فى باريس -أحسن معهد للتعليم العالى فى فرنسا والذى أسسه أصلا نابليون- ساوره طموح شديد لتقديم إسهام يعيش دوما للعلم فى مجال تلك الأيام الأكثر أساسية وهو الكيمياء. ولكنه بدأ حياته العملية بإجراء تجارب فى مجال علم البلوريات؛ حيث اعتاد أن ينفق القسط الأكبر من راتبه الصغير الخاص بوصفه معلما على التجهيزات والمواد اللازمة. وصنع لنفسه اسما أول الأمر بفضل أداء تجارب تفصيلية أسست انتقال الضوء المتغير للبلورات خاصة تأثيرات ذلك على استقطاب الضوء Polarization of Light، وهى خاصية مكتشفة قبل ذلك بوقت طويل. ونعرف أن كل شعاع ضوء خالص أحادى اللون يمكن تحليله إلى مكون استقطاب أفقى ورأسى. وأن الأداة التى تقيس مستوى استقطاب الضوء الواصل واتجاهه تسمى المقطاب Polarimeter. وهذا هو ما تفعله اليوم النظارات الشمسية بولارويد المعروفة. إنها تنقل فقط مكونا واحدا من مكونات الاستقطاب، وإذا أدرتها يدور معها استقطاب الضوء المنقول. ووجد باستور أنه عندما يسطع الضوء المستقطب عبر البلورات فإن بعضها يدير تلقائيا استقطابه تجاه اليمين، وأخرى تجاه اليسار. لذلك فإن مثل هذه البلورات تمتلك بطبيعتها توجها إما يسارا أو يمينا، أى بعضها أيمن وأخرى أيسر.

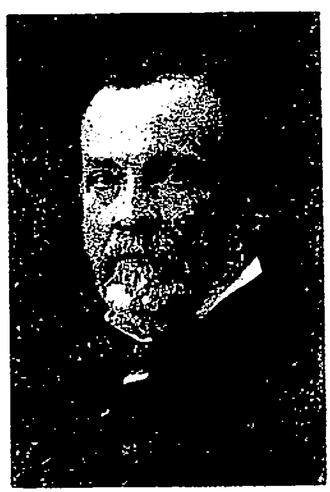
وحمل معه هذه الخلفية من الخبرة العلمية حين تحول اهتمامه إلى الكيمياء.

واكتشف ما أدهش الجميع أنه أحيانا نجد مادتين ذاتا تكوين كيميائى متطابق ولكنهما مع ذلك تكون بلورات ذات اتجاهات متعارضة. إذن لابد وأن هناك من المكون الكيميائى ما هو أكثر مما هو واضح فى معادلته الكيميائية. ويدلنا هذا على أى العناصر التى يحتويها وكم عدد ذرات كل عنصر يتألف منها جزىء هذا المكوّن. وهكذا أسس ما أصبح معروفا باسم الكيمياء المجسمة Stereo-Chemistry الذى لا يهتم فقط بعدد الذرات الأولية المختلفة الجزىء بل وأيضا ترتيبها المكانى- ولوحظ أن هذه التشكيلات الخاصة لم تكن دائما متماثلة: إذ توجد جزيئيات يمينية الاتجاه ويسارية الاتجاه. ونجد أحيانا أن جزيئين مؤلفين من الذرات نفسها ولكنها تختلف من حيث الترتيب اللاتماثلى asymanetricas. مثال ذلك يوجد سكر يمينى الاتجاه right-handed وسكر يسارى الاتجاه left-handed. وأكثر من هذا أن تجاربه الدقيقة المحكمة أقنعته بأن المركبات التى تكون لجزيئياتها هذة الخاصيات كانت دائما ذات صلة بالحياة على نحو ما.

ومن هذا المنطلق وما بعده غير باستور اتجاه عمله العلمى ناحية البيولوجيا مستخدما كلا من أنبوبة اختبار الكيميائى وميكروسكوب عالم البيولوجيا من أجل إجراء تجارب وملاحظات تفصيلية دقيقة فى مجال العلم الجديد الكيمياء الحيوية الذى ابتكره. وتمثل دافعه الواقعى إلى هذا التغيير فى محاولته فهم التخمر، وهو عملية كيميائية لإنتاج النبيذ والبيرة ولكنه أيضا يسبب خسائر مدمرة. ترى ما طبيعة عمل الخميرة، أثناء التخمر وفى تخمر الخبز؟ واكتشف أن العملية هنا ليست مجرد كيمياء خالصة بل توجد كائنات حية مجهرية دقيقة وأنها حاسمة. وبدأت تسمية بعض هذه الكائنات الحية الدقيقة باسم جراثيم أو بكتيريا أو ميكروبات التى رآها لأول مرة فى القرن السابع عشر من خلال ميكروسكوب أنطونى فان ليفنهويك Antony Leevwenhoek وعرفنا أنها تحتاج إلى الأكسجين لكى تحيا (كما كان متوقعا بالنسبة لكل مظاهر الحياة). ولكنه اكتشف أن بعضها الآخر لا يحتاج إلى الأكسجين. ومن ثم سمى الأولى الحيوائيات أو المتعضيات الهوائية aerobes وسمى الأخرى المتعضيات

اللاهوائية anaerobes. هذا على الرغم من أن الحدود بين النوعين لم تكن دائما محددة جدا وبوضوح. ومن ثم فإن عمل باستور مستقبلا لن يستلزم فقط ميكروسكوب بالإضافة إلى أنبوب الاختبار بل سيحتاج أيضا حاضنة لإنتاج البكتيريا وتكاثرها.

وأول نتيجة ملموسة لاكتشاف باستور وجود ميكروبات فى عملية التخمر ومالها من خصائص غريبة تمثلت فى قدرته على علاج مرض وثيق الصلة بالتخمر وهو مرض خاص بالنبيذ وتسبب فى خسائر ضخمة للكثير من بساتين الكرم. ويتألف العلاج المكتشف من عملية تسخين منظمة ومحكومة بدقة بحيث تصل إلى درجة حرارة دون الغليان وتقتل البكتيريا دون أن تفسد النبيذ. ويسمى هذا الإجراء عمليا البسترة Pasteurization. وتبين فيما بعد أنها مفيدة للغاية من أجل منع الفساد الذى يحدث نتيجة وجود ميكروبات فى سوائل قابلة للتلف مثل الحليب. وطبيعى أنها لا تزال قيد الاستعمال حتى يومنا هذا.



شكل ٢-٥ لويس باستور

وكان حتما أن يتورط باستور فى جدل حامى الوطيس الدائر وقتذاك بشأن مسألة التوالد الذاتى أو التلقائى Spontaneous generation. إذ ساد الظن منذ وقت بعيد أن الكائنات الحية يمكن أن تتولد من مادة غير عضوية: الديدان تنشأ ذاتيا داخل التفاح،

واليرقات فى اللحوم المتحللة، والذباب فى اللحم المتخمر، بل والجرذان يمكن أن تولد فى الأقمشة البالية، كل هذا دون وجود سابق لبويضات أو لأى أشكال أخرى للحياة. ورصد باستور وقتا وجهدا كبيرين علاوة على الكثير من التجارب الإبداعية لإثبات خطأ هذا الاعتقاد: الحياة لا تتولد من عدم. وجاهد لإثبات زيف كل الأمثلة المزعومة عن مثل هذا التوالد التلقائى إلا أنه - على الرغم من ذلك - عجز عن أن يخرس هذه الفكرة الزائفة نهائيا. وإنما ماتت الفكرة ببساطة مع طول التجارب التى تؤكد براهين معارضة.

واشتهر باستور الشاب باعتباره المنقذ للكثير من مزارع الكرم الفرنسية بطريقة التسخين. دعته الحكومة للمساعدة بشأن مرض خطير أصاب مزارع تربية دودة القز وصناعة خام الحرير Sericulture، إذ كانت صناعة الحرير الفرنسية الضخمة فى منطقة الميدى تعتمد فى وجودها على التربية الواسعة لدودة القز واليرقات التى تنتج الخيط القوى الذى يتم نسجه على هيئة ألياف حريرية تماما مثلما ينتج العنكبوت الخيط الذى ينسج منه شبكته. وبدأ فجأة ظهور مرض غير معروف يقتل أعدادا كبيرة من هذه الديدان، واكتشف باستور المسلح بجهاز الميكروسكوب أن سبب هذه الوفيات طفيل دقيق جدا ينتقل عن طريق فضلات ديدان الحرير التى تخلفها على أوراق شجرة التوت وتتغذى بها. واقترح علاجا حاسما ومفاجئا: قتل جميع ديدان الحرير الموجودة والبدء من الصفر بديدان صحية يتم انتقاؤها بشكل جيد. ونجح العلاج وأنقذ كل صناعة دود القز الفرنسية. وأفاد باستور فى الوقت نفسه من أول خبرة له عن انتقال عدوى المرض بواسطة جراثيم ميكروسكوبية.

وسرعان ما تم تطبيق هذه المعرفة الجديدة على نطاق أوسع. إذ ما دامت هناك جراثيم لا تراها العين المجردة هى المسئولة عن نقل المرض فلابد وأن يلتزم الأطباء الحذر الشديد عند الاتصال بالقرح والجروح وكذا القابلات. وسبق وأن ألح بقوة ودون جدوى الطبيب المجرى إجناز سيميلويس Ignaz Semmelweis فى فيينا وبنى تحذيره على معرفته الخاصة بالعدوى عن طريق التلامس. ولقد كان جوزيف ليستر Joseph

Lister الطبـيب الاسكتلندى أول من طبق اكـتـشـافـات باسـتـور فى الطب وأوضح أن الغرغرينا شكل مرضى من التخمر - العفن - عند البشر، يحدث بسبب انتقال بكتيريا إما عن طريق الهواء أو اللمس المباشر لأى مؤثر خارجي. وبدأ كل من باستور وليستر حملة مشتركة استمرت قرابة عشر سنوات لتعليم الأطباء القواعد الأسـاسية للمطهرات antiseptics، ورش حمض الكربوليك، ووضع اليدين فى قفازات وارتداء ملابس واقية وتعقيم جميع الأدوات المستخدمة فى العمليات الجراحية فى أجهزة تعقيم "معقام" autoclave بالبخار المضغوط، والحرص قبل كل هذا على غسل اليدين جيدا بعد كل تلامس مع المريض. ولم يكن الأمر صفقة سهلة مع المؤسسة الطبية، التى قاومت الإزعاج الناجم عن التحذيرات الجديدة التى رؤوها غير ضرورية. بيد أن النتائج كانت واضحة تماما: إذ انخفضت كثيرا حالات المرض بسبب العدوى إثر عمليات الولادة وكذا الكسور المركبة وعمليات البتر وغير ذلك من الإجراءات الجراحية.

وتمثلت مغامرة باستور الطبية الثانية فى الصراع ضد العدوى بالتلامس فى استخدام الأمصال للقضاء على الجمرة الخبيثة وهى مرض كثيرا ما يؤدى إلى تدمير قطعان ضخمة من الأغنام والبقر وكذا الخيل، هذا علاوة على إمكانية انتقالها إلى البشر وتسبب آثارا مميتة. وسبق أن برهن روبرت كوش على أن الجمرة الخبيثة سببها متعضيات دقيقة فى الدم. وأكثر من ذلك أن هذه المتعضيات الدقيقة يمكن أن تبقى على قيد الحياة سنوات على هيئة قرح فى التربة؛ حيث تم دفن ضحايا الجمرة الخبيثة وبذا تصيب بالعدوى الحيوانات التى ترعى فى هذه التربة لاحقا. واكتشف باستور أن المرض يمكن أن ينتقل أيضا عن طريق جراثيم لا هوائية داخل الجسم وليست فى الدم، وأن الدجاج المصاب بهذه الجراثيم لا يموت بسببها. وأكدت تجاربه التى أجراها بحذر شديد أن الحرارة العالية لدم الدجاج هى التى تقتل الجراثيم اللاهوائية وأن الدجاج المصاب فى الوقت نفسه لديه مناعة ضد المرض حتى وإن غمرناه فى حمام بارد يخفض درجة حرارة الدم. وهذه هى الملاحظة الحاسمة التى قادت إلى استحداث اللقاح Vaccine.

وجدير بالذكر أن فكرة استخدام اللقاح لإكساب الجسم مناعة ضد أمراض معينة لم تكن فكرة جديدة فى زمن باستور. وتم تطبيق أشكال أثرية لها على مدى عصور

ضد مرض الجدرى الفتاك، على سبيل المثال، عن طريق عدوى بسيطة منه تصيب الناس باستخدام قدر من قيح بثرات الجدرى نأخذها فى مرحلة معينة من تطور المرض. واستخدم إدوارد جينر Edward Jenner فى إنجلترا جراثيم مرض الفاكسيبتا Cowpox(*) من ثدى البقرة ليعدى الإنسان بهذه الجرعة البسيطة نسبيا وبعدها يكتسب المرء مناعة ضد الجدرى. بيد أنه تحمل مشاقا كثيرة لإقناع زملائه الأطباء باستخدام هذه الطريقة كإجراء وقائى من المرض خاصة وأنها لم تكن تنجح دائما.

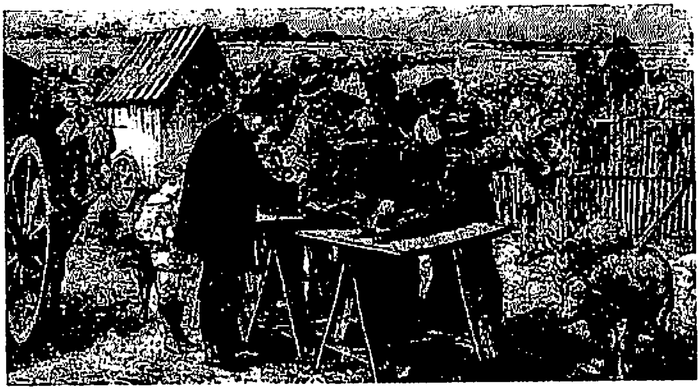
واستخلص باستور من خبرته مع الدجاج فى حربه ضد مرض الجمرة الخبيثة أنه لكى ننتج لقاحا فإن الأمر الحاسم أن يتوفر لدينا طفيل ضعيف، وهو ما يمكن أن يتحقق، كما أفادت تجاربه الكثيرة، عن طريق رفع درجة الحرارة بحذر شديد للمزرعة التى ينمو فيها الطفيل إلى ما بين ٤٢ درجة مئوية و٤٣ درجة لمدة ثمانية أيام مع حقن المزرعة بالأكسجين. وهكذا ننتج ميكروبا فقد قدرته على العدوى وأصبح غير ضار بالأرانب والأغنام والأبقار وحقن هذه الحيوانات يكسبها المناعة ضد الجمرة الخبيثة. وابتكر طريقة بسيطة ولكن موثوق بها لإنتاج لقاح فعال. (وكان تفسيره كيف فقدت هذه الميكروبات قدرتها على العدوى هو أن ما حدث هو بالضرورة تغير داروينى للنوع أو ربما حدث تكيف مع بيئتها عن طريق التعلم حسب ما أوضح لامارك).

وكانت آخر غزوة مثيرة شنها باستور فى حربه هى هزيمة مرض بشرى مروع. وسبق له أن شاهد حالات كثيرة منه وهو طفل وهو مرض لا ينساه: داء الكلب أو السعار. وعلى الرغم من أنه لم يستطع أن يشاهد بميكروسكوبه ميكروبا ينقل المرض -وسمى الجرثومة الدقيقة جدا باسم فيروس- افترض أن الميكروب موجود فى أمخاخ الكلاب المصابة بمرض رهاب الماء hydrophobic أو غير ذلك من الحيوانات التى تصاب بداء الكلب التى تصيب البشر بالمرض إذا عضتهم. والمعروف أن المصاب بالمرض يظل

(*) الفاكسيبتا Cowpox مرض جلدى معد يصيب قطعان البقر يمكن عزله لاستخدامه مصلا ضد الجدرى. [المترجم]

يعانى آلاما لعدة أسابيع ثم يموت. ومن ثم كان التحدى العظيم فى هذه الحالة ليس فقط اكتشاف مصل ضد رهاب الماء لعلاج الكلاب المريضة بل علاج ولو شخص واحد أصابته العدوى.

واكتشف باستور، تأسيسا على خبرته السابقة بشأن لقاح مرض الجمرة الخبيثة، طريقة جديدة لإضعاف قدرة فيروس داء الكلب على الإصابة بحيث يستطيع العمل بوصفه لقاحا يقى الكلاب من التحول إلى السعار. ولكن هذا لم يكن كافيا لعلاج الإنسان بعد أن يعضه حيوان مسعور. وواتته فكرة عبقرية وهى أن كل ما يحتاج إليه هو فيروس ضعيف عاش فترة حضانة قصيرة. وهنا يمكن حقنه بعد إصابة المرء بعضته -إذ مثل هذه العدوى تعيش فترة حضانة طويلة نسبيا- ويثير استجابة سريعة نسبيا وبذا يقوم بعمل اللقاح قبل أن يتم بقاء العدوى الأصلية فى حاضنة مدة طويلة وتصبح فعالة ومؤثرة. واستلزم هذا قضاء وقت طويل من التجارب الصعبة والأليمة على الحيوانات. ولسنا بحاجة هنا لعرضها تفصيلا. ويكفى القول أنه أخيرا اضطر إلى أن يجد طبيبا يقوم بهذا العلاج المغامر لإنسان لمعرفة إن كان ناجحا أم لا. (ذلك لأن باستور لم يكن طبيبا معالجا، ولم يكن مسموحا له بالقيام بمثل عمليات الحقن هذه بنفسه).



شكل ٢-٦ أغنام يجرى تلقيحها بلقاح ضد
مرض الجمرة الخبيثة. بويللى لو فورت ١٨٨١

وحالة الاختبار الحاسم الثانية هى حالة صبى فى التاسعة من عمره يدعى جوزيف ميستر. وأحضرت أم الصبى ابنها إلى باستور فى ٦ يوليو/ تموز ١٨٨٦ عقب إصابته بالجرح بفترة قصيرة وكانت العضة شديدة إذ عقره كلب مسعور فى أماكن عدة من جسده. ولم يكن ثمة مجال للمناقشة إذ كان شبه مؤكد أن الصبى سيموت دون الإجراء التجريبى الذى اكتشفه باستور. وخضع الصبى للرعاية المباشرة من جانب باستور وتم حقنه على التوالى وعلى مدة عشرة أيام بفيروسات متزايدة قوة العدوى بلقاحات جديدة سريعة المفعول. وبحلول يوم ٢٦ يوليو/ تموز أعيد الصبى إلى بيته وقد شعر بالبهجة مثلما تأكد باستور أكثر وبدا راضيا تماما؛ إذ تم إنقاذ حياة الصبى مع هزيمة داء الكلب. وإن كان لابد من إبقائه فترة أطول للتأكد. وظل باستور على اتصال بالصبى فى بيته بل ومساعدته فى التعليم وإيجاد وظيفة له بعد أن كبر؛ إذ إنه يمثل تقريرا حيا وشهادة بفعالية ونجاح علاج باستور لداء الكلب.

وسرعان ما بدأ اختبار آخر مستخدما الإجراء الجديد: راع حاول منع كلب مسعور من الهجوم على أغنامه ولكن الكلب عضه هو وبعد إحضاره إلى معمل باستور خضع لنظام العلاج ذاته الذى أنقذ حياة الصبى جوزيف ميستر. ونجحت التجربة. ونظرا لأن هذه الحالة لم تقع فى أيام عطلة الصيف مثلما كان الحال بالنسبة لجوزيف ميستر فقد شاعت على الفور عملية إنقاذ الراعى الجرىء. وأصبح باستور موضع حفاوة كبيرة فى كل أنحاء فرنسا، وتوافدت حالات جديدة كثيرة على معمله بغية العلاج المعجزة منقذ حياة البشر. ووصلت شهرته إلى روسيا التى بعثت إلى باريس تسعة عشر شخصا عضهم ذئب مسعور بطريقة سيئة للغاية. وحاول جاهدا إنقاذ الجميع غير أن ثلاثة منهم تأخر وصولهم فترة طويلة جدا. وأصبحت ثقته باللقاح الذى اكتشفه ثقة عالية جدا حتى إن مساعديه حقنوا بهذا اللقاح عددا من حيوانات الخنزير الغينى شأن البشر. (وتطوع باستور بنفسه غير أنهم رفضوا تجربته على أستاذهم).

وسرعان ما تأسست معامل لعلاج داء الكلب بطريقة باستور فى مدن كثيرة، ليس فقط فى سان بطرسبرج فى روسيا بل وأيضا فى لندن وفيينا وبينا ووارسو. وتم تشييد معهد باستور فى باريس بتمويل من الاشتراكات الخاصة لمساهمين من أقطار كثيرة.

وأصبح فيما بعد واحدا من أعظم مؤسسات البحث البيولوجي في العالم نظرا لأنه خاص بتخليد ذكرى عالم عظيم حقق إسهامات أخرى كثيرة جليلة الشأن لم نأت على ذكرها هنا. وتوفى باستور عام ١٨٩٥ وأقامت له الدولة جنازة في كنيسة نوتردام دو باري. ويوجد قبره الذى ووري فيه داخل معهد باستور.

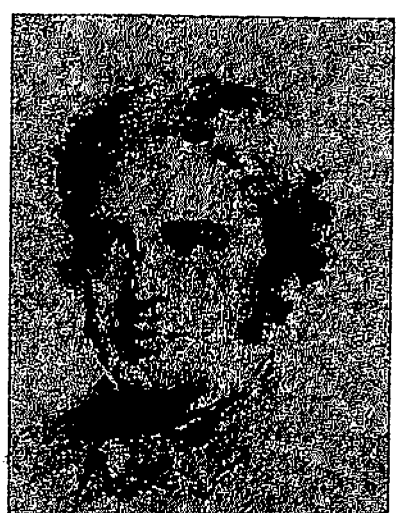
ميشيل فاراداي

شب ميشيل فاراداى ربما دون حتى تحصيل التعليم الابتدائى، كابن لحداد فى نيوانجتون، من سورى Surrey. وفى الثالثة عشر من عمره كصبى هائم على وجهه ثم صبى لرجل يعمل فى تجليد الكتب فى لندن ليتعلم حرفة. وكانت هذه الحرفة أول سبيل له للاتصال بالكتب التى التهمها. وتأججت ميوله العقلية المتفجرة بخاصة ووجهته صوب العلم، حيث تعلم شيئا عن الكهرباء من خلال ما قرأه فى الموسوعة البريطانية. وتضاعفت قراءاته، علاوة على المواظبة على حضور المحاضرات، والمساعدة فى تنظيم جماعة نقاش لتبادل الآراء مع الشباب شفاهة فى البداية ثم الكتابة. وأضاف كل هذا إلى حصيلته المعرفية وفهم الأمور ليس فيما يخص العلم فقط، بل وأيضا تعلمه العام والاستخدام الصحيح للغة الإنجليزية وهو ما كان يشعر فيه بالنقص. وسرعان ما تحسنت ثقته بنفسه حتى وصل الأمر إلى حد تقديم أول محاضرة له أمام الجمعية الفلسفية City Philosophical Society وهو فى التاسعة عشر من عمره. وكان موضوع المحاضرة الكهرباء، والنظريات التى يثور جدل صاخب حولها. ولم يشأ أن يتخذ موقفا عائما بل التزم موقفا حازما إلى جانب القول بأنها مؤلفة من سيالين أحدهما كهرباء إيجابية والثانى كهرباء سلبية.

كان هذا هو الوقت الذى اعتاد فيه عالم الكيمياء العظيم همفرى دافى يلقى محاضراته فى المعهد الملكى أمام جمهور حاشد الذى يضم أحيانا الشاب فاراداى ويؤكد بإلحاح أن الكيمياء هى ملكة العلوم. وتضمنت أحدث التجارب وهى كثيرة، وذات طبيعة كهربية – كيميائية مع الاستماع إلى دافى وحديثه عن ذلك مما حفز فاراداى على تغيير اهتمامه الأول إلى الكهرباء. وصادفته وهو فى الواحدة والعشرين من العمر ضربة حظ مهولة تمثلت فى صورة حادث وقع داخل معمل دافى أصاب عالم الكيمياء

بالعمى المؤقت. وبناء على نصيحة صديق استأجر فاراداى لعدة أيام ليعمل ناسخا لدافى. وأعجب به دافى أيما إعجاب، لما سجله من ملاحظات أثناء حديثه ومن ثم احتفظ به مساعدا له فى معمله بالمعهد الملكى الذى أصبح دافى مديرا له. وتحول الشاب فاراداى الآن إلى كيميائى متحمس ولم تخيفه بعض أخطار الانفجار نتيجة تجارب دافى.

وحصل سير همفرى دافى على لقب فارس وتزوج. وبعد ذلك بفترة وجيزة خطط للقيام برحلة سياحية كبيرة داخل قارة أوروبا مع زوجه. وقرر أن يصطحب معه مساعده الشاب شديد الذكاء. وهكذا أضحت الرحلة بالنسبة إلى فاراداى مع دافى بوصفه معلما له بمثابة معادل للتعليم الجامعى الذى لم يحققه. وتفتحت عيناه على خبرات اجتماعية جديدة تماما واكتسب معرفة عملية فى صورة اكتساب اللغتين الفرنسية والإيطالية. ولم يقتصر الأمر على ذلك فقط بل نظرا لأن دافى أحضر معه صندوقا يضم معملا كيميائيا صغيرا، فقد أجريا على الفور تجارب حفزتهما إليها أحدث الأخبار العلمية. ولعل أغلى وأثمن خبرة اكتسبها فاراداى من السفر بصحبة أشهر عالم كيمياء فى أوروبا هى تعرفه على الكثيرين من العلماء البارزين من مثل فولتا وهمبولت، وكوفيير، وجاى – لوساك وكونت رمفورد.

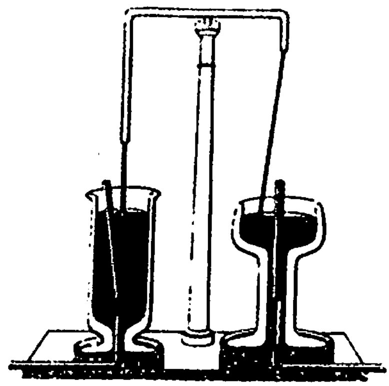


شكل ٢–٧ فاراداى الشاب

وعند عودة فاراداى إلى لندن عرضت عليه المؤسسة الملكية وظيفة؛ وأصبح مشرفا على جهاز المعمل والمقتنيات المعدنية. وانتقل إلى سكن فى مبنى المؤسسة حسبما يخوله منصبه. وعلى مدى بضع سنين لم يكتف بالعمل لحسابه بدلا من الاعتماد على دافى بل سرعان ما ظهر فى صورة أول باحث كيمياء تحليلية فى بريطانيا خاصة فى مجال السبائك والطفل مع بحوث رائدة على سبائك الصلب. وأنشأ فرع الكيمياء العضوية، واحتقر فكرة القوى الحيوية الخاصة الشائعة بين العامة وقتذاك والزعم بأنها تعمل داخل مركبات تحتوى على الكربون. وأسس المعادلات الكيميائية لمركبين جديدين من الكربون - رباعى الكلور وإثين وسداسى الكلور وإيثين tetra chloroethene and hexachloroethene - وكذا مركبا جديدا من الكربون والأيدروجين واليودين. وأسس أيضا القوانين الحاكمة للتحليل الكهربائى Electrolysis واكتشف البنزين.

ولكن بدأ فاراداى، فى الوقت نفسه، يبدى اهتماما كبيرا بالفيزياء. (لم يعتبر نفسه قط أنه كيميائى أو فيزيائى بل فيلسوفا طبيعيا). وتصادف أن اطلع على ورقة بحث لفيزيائى دانمركى يدعى هانز كريستيان أورستد Hans Christian Orsted توضح أن تيارا كهربيا يسرى فى سلك حَرَفَ إبرة بوصلة موضوعة بالقرب؛ وأثبت بذلك بالبرهان أن التيارات الكهربية تولد مغناطيسية. هنا بدأ فاراداى يجرى تجارب على التفاعل بين تيارات الكهرباء والمغناطيس داخل معمله الخاص. وصنع دائرة كهربية بأن غمس طرف السلك داخل وعاء زئبق لتسهيل الحركة ووضع قضيب مغناطيس فى الوعاء. (انظر شكل ٢-٨). واكتشف أنه عندما كان السلك مثبتا دار طرف قضيب المغناطيس ناحية السلك الحامل للكهرباء، وإذا كان المغناطيس ثابتا فإن السلك يدور ناحيته. وهكذا اكتشف ظاهرة مثيرة للاهتمام: الدوران التناوبى الكهرومغناطيسى electromagnetic rotation. ولكن الشىء غير العادى فى هذا، وكذا فى اكتشاف أورستد ليس أن التيارات الكهربية تتولد عنها قوى، وإنما أن القوى الكهرومغناطيسية ليست قوى مركزية مثل الجاذبية عند نيوتن بحيث تجذب فى اتجاه المصدر. وجدير

بالذكر أن العالم الفرنسى أندريه مارى أمبير Andre Marie Ampere كان قد برهن على أن سلكين متوازيين يحملان تيارا كهربيا تتولد عن كل منهما قوة تؤثر على الآخر. ولكن القوة عند أمبير كانت على زوايا قائمة مع التيارات، أما القوى عند أورستد وفاراداى فإنها بين تيارات ومغناطيسات مما جعل الأجسام تدور حول بعضها البعض.

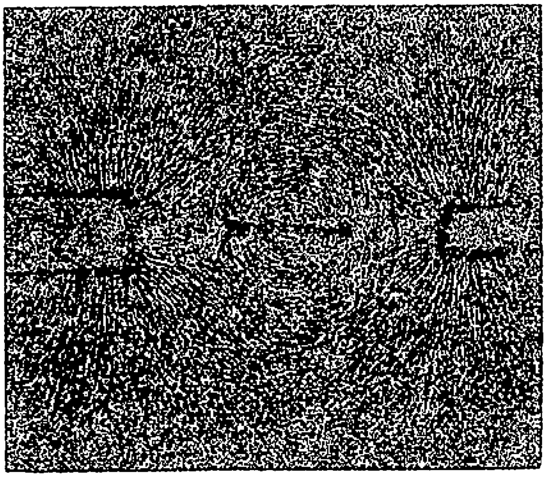


شكل ٢-٨ جهاز فاراداى للبرهنة على الدوران التناوبى الكهرومغناطيسى

ولكن أهم اكتشافات فاراداى تجاوز القوى المتولدة بين التيارات الكهربية والمغناطيس. إذ تبين له أن التيارات فى الأسلاك لا تحرك فقط المغناطيس المجاور بل يحدث أيضا التأثير العكسى: إن مغناطيس يتحرك قرب سلك، أو أى مغناطيسية ذات قوة متغيرة مع الوقت، يتولد عنها تيار كهربى فى السلك. وسمى هذه الظاهرة الحث الكهرومغناطيسى electromagnetic induction. وجدير بالذكر أن هذه الظاهرة سبق أن اكتشفها قبل ذلك بوقت قريب – دون أن يعرف فاراداى – عالم الفيزياء الأمريكى جوزيف هنرى غير أن فاراداى هو أول من نشر عنها وعن القانون الحاكم لها وسميت باسمه. وتبين فيما بعد أن لهذه الظاهرة تطبيقات كثيرة مهمة. ويكفى أن تدرك أن الغالبية العظمى من أجهزة القوى الكهربية المحركة فى الصناعة خلال القرنين التاسع عشر والعشرين من مثل المحولات والمولدات (الدينامو والمحركات الكهربية والمغناطيس الكهربى، إنما تبنى على اكتشافات فاراداى.

ولم تكن إسهاماته فى الفيزياء مقصورة على الاكتشافات التجريبية. إذ بدأ يفكر جديا فى طبيعة القوى الكهرومغناطيسية وكيف يصفها. ولم يشأ استخدام الفكرة المنفرة عن التأثير عن بعد التى أدخلها نيوتن فى وصف قوة الجذب. (ومع ذلك حاول فاراداى عبثا أن يكتشف رابطة بين القوى الكهرومغناطيسية وقوة الجذب). لقد رأى بخياله البصرى ذاته القوى المبذولة بين الشحنات الكهربية أو بين المغناطيسات أو بين التيارات الكهربية والمغناطيسات عند انتقالها عبر "خطوط قوى" مثل خطوط من المطاط، ورأى أن جميع الفراغات امتلأت بها. ولاحظ فى حالة القوى المغناطيسية أن بالإمكان جعلها مرئية بواسطة برادة الحديد المحيطة بالمغناطيس (انظر شكل ٢-٩). وسمى جماع مسارات قوى ملء الفراغ باسم المجال الكهرومغناطيسى. وللأسف أن قدرات فاراداى الرياضية لم تكن كافية لتؤهله بإدراك هذه الفكرة وهى من أخصب الأفكار فى تاريخ الفيزياء وصوغها فى صورة معادلات. واستلزم الأمر ظهور جيمس كلارك ماكسويل James Clark Maxwell ليحقق هذا الإنجاز بعد سنوات قليلة، وواقع الأمر أن ماكسويل مدين لفاراداى كما اعترف بذلك صراحة، ليس فقط بالنسبة لابتكار المجال الكهرومغناطيسى بل وأيضا بالنسبة لاكتشاف أن استقطاب الضوء يمكن دورانه تناوبيا بواسطة مغناطيس. وأشار هذا لأول مرة إلى أن الضوء ظاهرة كهرومغناطيسية. وهذه الظاهرة تأملها صراحة فاراداى نظريا بينما جسدتها معادلات ماكسويل. الضوء موجة كهرومغناطيسية. وللحقيقة فإن فكرة قوانين فاراداى عن المجال لا تزال حتى يومنا هذا تهيمن على الفيزياء الأساسية.

وفى هذه الأثناء أصبح فاراداى الفيلسوف الطبيعى ناجحا إلى أقصى حد بوصفه محاضرا عاما. وافتتح محاضرات "الكريسماس" (أعياد الميلاد) السنوية للنشء، وكذا تقديم دراسات مسائية لأعضاء المؤسسة الملكية ولضيوفه. وفاقت شهرته عمليا الكثيرين بمن فيهم هنرى دافى وهى مرحلة أوج ازدهاره. بيد أنه، على عكس الآخر، كان يزدرى كل مظاهر التكريم الجماهيرية.



شكل ٢-٩ برادة الحديد تلمع فوق صفحة ورقية مع مغناطيس موضوع أسفلها

ويدأ يظهر عليه أثر الجهد الناتج عن عبء العمل الكثيف مع بلوغه الخمسين ومن ثم أعطى لنفسه إجازة. وانطلق عام ١٨٤١ ليقضى ثمانية أشهر مع زوجه وأخيه لتمضية بعض الوقت بين ربوع سويسرا وجبالها ثم العودة، وقد استعاد قوته وحماسه الإنتاجي. واكتشف أن المجالات المغناطيسية لم تؤثر فقط على مواد مثل الحديد بل تؤثر كذلك على مواد أخرى كثيرة مثل الزجاج وهو ما سمى بعد ذلك الديامغناطيس diamagnetic لأن رد فعلها إزاء المغناطيسية مختلف عن رد فعل المواد البارا مغناطيسية Paramagnetic. وهذه الأخيرة تشبه ما يسمى المواد عالية النفاذية المغناطيسية ferromagnetic مثل الحديد والكوبالت والنيكل، ولكنها لا تحتفظ بمغناطيسيتها مثل المغناطيس الحديد ferromagnet. ويمثل اكتشافه بداية مبحث الكيمياء المغناطيسية chemistry magnetic. ولكن مع الوقت بدأت الذاكرة تخونه وتدهورت قواه الذهنية (ربما بسبب التعرض عن غير قصد للتسمم أثناء تجاربه الكيميائية قديما). واستقال مع بلوغه الواحدة والسبعين عاما من منصبه فى المؤسسة الملكية ومنحته الملكة فيكتوريا سكنا خاصا فى هامبتون كورت حيث تقاعد. إن ميشيل

فاراداى الذى اعتبره علماء كثيرون أعظم باحث تجريبى فى القرن التاسع عشر وافتـه المنيـة عام ١٨٦٧ وهو فى السـادسة والسـبعين. ووري التراب، بناء على رغبتـه - فى مدافن هاى غيت فى حقل جنائزى خاص جداً.

ماكس بلانك

يشخص ماكس بلانك أكثر من أى إنسان آخر، الانتقال مما نسميه الآن "الفيزياء الكلاسيكية" إلى الفيزياء الحديثة. ولد عام ١٨٥٨ فى كييل Kiel، وهى مدينة تقع شمال ألمانيـا - وهو من نسل يضم خيطا طويلا من رجال اللاهوت، وأب كان يعمل أسـتاذا للقانون فى الجامعة المحلية. درس الفيزياء فى جامعتى ميونيخ وبرلين على الرغم من نصيحة أسداها له أحد معلميه البارزين وقال له الفيزياء مجال لا نتوقع فيه جديدا بعد أن تم اكتشاف كل شيء. وبعد أن أنهى دراسته شغل منصب أستاذ الفيزياء النظرية فى كييل ثم بعد ذلك فى برلين.

تخصص بلانك فى الديناميكا الحرارية أى علم الحرارة. وكان هذا المبحث فى أواخر تسعينيات القرن التاسع عشر لا يزال مجالا ناشئا حديثا ويواجه لغزا محيرا دون حل: كيف نفهم طريقة تواتر التوزيع frequency distribution للإشعاع المنبعث من "جسم أسود" (جسم غير عاكس ويمتص بالكامل) - تأسيسا على درجة حرارته - لنتأمل قطعة حديد ساخنة متوهجة وكيف يتغير لونها مع زيادة درجة سخونتها. (وقد يكون الجسم فجوة بها ثقب دقيق يسمح بهرب بعض الإشعاع). واستخلص عالم الفيزياء ويلهلم فيين Wilhelm Wien ما أصبح معروفا باسم قانون فيين Wien Law من الديناميكا الحرارية الكلاسيكية غير أن هذا القانون لم يتفق مع النتائج التجريبية.

ولم يكن بلانك مقتنعا تماما بالنظرة المستحدثة عن الديناميكيا الحرارية المؤسسة على الميكانيكا الإحصائية Statistical mechanics للذرات التى تؤلف كل المادة (اقترحها أخيرا لودفيج بولتسمان Ludwig Boltzman انظر الفصل الثانى) وقرر

استخدامها. وأكثر من ذلك أنه وضع فرضا خاصا بذلك وهو أن طاقة الإشعاع المنبعثة من ذرات الجسم الأسود (أو جدران الفجوة) تأتى دائما فى صورة كمية صغيرة ولكل منها طاقة E متناسبة مع ترددها Frequency h v = V, E حيث h ثابت كونى. واتضح أن إبدال قانون فيين بقانون بلانك Planck's Law متوافق مع التجارب وتأكدت شهرة مكتشف القانون للأبد. ويعتبر ماكس بلانك اليوم أشهر عالم فيزياء فى ألمانيا.

وبعد خمس سنوات نشر كاتب براءة الاختراع ألبرت أينشتين فى بازل ثلاث أوراق بحث، اثنان منهما أحدثا زلزالا هز قواعد الفيزياء: احتوت إحداهما النظرية النسبية الخاصة بينما الثانية استهلال لنظرية الكوانطا عن الإشعاع التى أضفت شمولا كونيا على الفرض المقيد للغاية الذى قاله بلانك. ووضعت مسلمة أولى فكرة أن كل الإشعاع الكهرومغناطيسى أتى فى صورة كوانطا (كمّات) Quanta- وسميت بعد ذلك فوتونات Photons؛ وأن طاقتها E متناسبة مع ترددها V تأسيسا على معادلة بلانك E = hv. والجدير بالذكر أن عددا قليلا جدا من علماء الفيزياء أبدوا اهتماما أو فهموا الفتح العلمى الذى تضمنته ورقتا أينشتين. ولكن ماكس بلانك أدرك حقيقة عبقرية مؤلفهما ودعاه للمجيء إلى برلين للعمل أستاذا بها.

إن ماكس بلانك المحافظ حتى النخاع أجج ثورة دون أن يدرى، أدرك أن الإجراء الذى اتخذه فى هذا الموضوع لاستخلاص القانون الصحيح الناجح لإشعاع الجسم الأسود أمر غير تقليدى، ولكن لم تواته النيّة فى تغيير أى من الفروض الأساسية المقررة والمستقرة فى الفيزياء. وبقى الأمر رهنا بالشباب المتمرد ضد الرموز التقليدية أينشتين ونيلز بور Niels Bohr وفيرنر هيزنبرج Werner Heisenberg لإطلاق نظرية الكوانطا الثورية الجديدة والمعتمدة الآن باعتبارها أداة التفسير الأساسية جدا فى مجال الفيزياء الميكروسكوبية، بالإضافة إلى ثابت بلانك كحجر زاوية لها. ولم يكن بلانك مرتاحا لهذه الأفكار الجديدة حين توصلت إلى نتائج تم التحقق منها جيدا. وفقا لما تقتضيه. وهنا قبلها بلانك ووافق عليها دون خلاف أو ممانعة نشطة.



شكل ٢-١٠ ماكس بلانك

ومع مرور الوقت أصبح ماكس بلانك، ولا يزال، رجل العلم العظيم فى ألمانيا. إنه بوصفه وطنيا قوميا محافظا وقع خلال الحرب العالمية الأولى -مع أسفه العميق لهذا فيما بعد- المانيفستو سيئ السمعة - الذى اشتمل على ٩٣ مفكرا بارزا والذى شجب وصف أى حرب ألمانية، بأنها إثم وسوء سلوك أثناء غزو بلجيكا [رفض أينشتين التوقيع]. لقد كان يؤمن بأنه صاحب مكانة رفيعة وأن أحدا، حتى هتلر لن يجرؤ أن يمسه بسوء حين رفض الانضمام إلى الكثيرين من رفاقه فى التحول إلى النازية أو حين ساعد فى صمت بعض العلماء اليهود (على الرغم من أنه لم يعارض النظام صراحة). وفقد ابنه البكر الذى كان جنديا بالجيش خلال الحرب العالمية الأولى، كما وأن النازى أعدم ابنه الثانى متهما بالانضمام إلى المحاولة الفاشلة لقتل هتلر عام ١٩٤٤.

ومع نهاية الحرب فإن النزر اليسير الذى بقى من تكريم ألمانيا المهترئ للعلم بعد اثنى عشر عاما من البربرية إنما تجسد فى شخصية بلانك الذى توفى عام ١٩٤٧ وقد بلغ ٨٩ عاما من العمر. وجدير بالذكر أن كل مؤسسات العلم فى ألمانيا التى سميت منذ زمن طويل باسم القيصر ويلهلم غيرت اسمها وسميت باسم ماكس بلانك. وها هو

اسمه الآن مقترن بعبارات طول أساس، وطاقة أساسية وكتلة أساسية يشار إليه يقينا في الغالبية العظمى من أي نشرة من نشرات البحوث في فيزياء الجسيمات Particle.

إنريكو فيرمي Enrico Fermi

من مواليد روما عام ١٩٠١ وكشف عن قدرة مبكرة في مجالي الرياضيات والفيزياء. وتعلم فيرمي بمدرسة المعلمين العليا في بيزا وحصل على درجة الدكتوراه في الفيزياء بجامعة بيزا. وبعد قدر من البحث عقب نيله درجة الدكتوراه في كل من جوتنجن وليدن، عاد إلى إيطاليا ليشغل منصب محاضر في الفيزياء الرياضية والميكانيكية في جامعة فلورنسا. وركز هناك في الأساس على المجالات الجديدة في ميكانيكا الكوانطا والفيزياء الذرية atomic physics والنسبية العامة general Relativity. واكتشف القوانين الإحصائية الحاكمة للجسيمات الخاضعة لمبدأ بولي للاستبعاد Pauli exclusion principle (انظر الفصل التالي). ونظراً لأن هذه القوانين اكتشفها في الآن نفسه عالم الفيزياء البريطاني بول ديراك Paul Dirac فقد جرت تسميتها إحصائيات فيرمي –ديراك. وتسمى الآن الجسيمات الخاضعة لها باسم الفيرميونات Fermions. وفي العام التالي، عام ١٩٢٧، عاد فيرمي إلى محل ميلاده للعمل أستاذا للفيزياء النظرية في جامعة روما.

وبعد أن اكتشف جيم شادويك James Chadwick النيوترون neutron عام ١٩٣٢ تبين أن النشاط الإشعاعي بيتا beta-radioactivity ظهر ليخرق قانون بقاء الطاقة، وهي كارثة حذر منها وولفجانج بولي wolfgang Pauli بأن اقترح ابتعاث، ضمن العملية ذاتها، جسيم محايد لا وزن له ولم يكن معروفا آنذاك وسماه فيرمي نيوترينو neutrino- أو النيوترون الصغير. وثبت الاسم. ونظرا لأن النيوترون نفسه تحول إلى خاضع لتحلل النشاط الإشعاعي بيتا فقد حول فيرمي اهتمامه إلى مشكلة تفسير طبيعة هذه العملية الأساسية. وجدير بالذكر أن نظرية انحلال بيتا، أو الانحلال البائي beta decay التي

ابتكرها ظلت موضع تقدير لعدد من السنين ثم تجاوزتها بعد ذلك نظرية إليكتروويك electroweak theory وذلك لأن بعض الحسابات على أساس نظرية فيرمى أفضت إلى لانهائيات غير ذات معنى واضح.



شكل ٢-١١ صورة ضوئية لإنريكو فيرمى

وحول كل اهتمامه بعد ذلك إلى الفيزياء النووية. وحفزه إلى ذلك اكتشاف إيرين كورى Irene Curio وفريدريك جوليو Frederic Joliot للنشاط الإشعاعى الاصطناعى. وهنا بدأ إجراء تجارب عملية بنفسه واكتشاف أن قذف العناصر بالنيوترونات أدى فى كل حالة تقريبا إلى تحول نووى، والذى تحول أحيانا إلى إنتاج نظائر لعناصر نشطة إشعاعيا وتكون أحيانا أثقل وزنا من أى شىء فى الجدول الدورى وتسمى عناصر ما وراء اليورانيوم Transuranic elements. واكتشف علاوة على ذلك واقعا مهما وهو أن النيوترونات البطيئة أكثر فعالية بكثير لهذا الغرض من السريعة. وبعد أن نفد صبر فيرمى بسبب ديكتاتورية موسيلينى -إذ كانت زوجه يهودية - انتهز فرصة رحلته إلى

ستوكهولم لتسلم جائزة نوبل عام ١٩٣٨ وهاجر هو وزوجه إلى الولايات المتحدة. (وهو فى الطريق إلى الولايات المتحدة أراد إخفاء الميدالية الذهبية النفيسة والممنوحة له مع الجائزة فأذابها فى وعاء به حامض، ثم رسبها بعد ذلك ليستعيد الذهب ولكن بعد أن فقدت شكل ميدالية). وعقب وصوله مباشرة تم تعيينه أستاذا للفيزياء بجامعة كولومبيا فى نيويورك.

وبينما كان الباحثان، الكيميائيان الألمانيان أوتو هان Otto Hahn وفريتز ستراسمان Fritz Strassmann يحاولان إنتاج عناصر ما وراء اليورانيوم عن طريق قذف اليورانيوم بالنيوترون البطيء كما أوصى فيرمى، اكتشفنا مصادفة ما أصبح فيما بعد انشطارا نوويا nuclear fission عام ١٩٣٩. وهنا أدرك فيرمى على الفور إمكانية حدوث سلسلة تفاعلات ناتجة عن ابتعاث النيوترونات فى كل حدث كذلك والإمكانات المهولة لهذه العملية. وتولى مسئولية محاولة بناء أول مفاعل نووى nuclear reactor - وكان يسمى وقتذاك دعامة- عن طريق إنتاج مثل هذه السلسلة من التفاعلات والتحكم فيها قبل أن تحدث انفجارا. وأجرى التجربة فى فناء ملعب اسكواش بجامعة شيكاغو عام ١٩٤٢ ونجحت التجربة. (وهذا هو عين الإنجاز العظيم الذى حاوله عالم الفيزياء الألمانى فيرنر هيزنبرج صاحب مبدأ عدم التحدد الشهير لألمانيا فى عهد هتلر ولكنه لحسن الحظ لم ينجزه). وعمل بقية الوقت أثناء الحرب رائدا يتبع روبرت أوبنهايمر Robert Oppenheimer لمشروع مانهاتان Manhattan Project فى لوس ألاموس، نيومكسيكو. ونجح فى تطوير إنتاج طاقة نووية والقنبلة الذرية. وبعد أن أصبح مواطنا أمريكيا قبل شغل منصب أستاذ بمعهد الدراسات النووية بجامعة شيكاغو؛ حيث كان معلما محبوبا يتابع نشاطه البحثى الذى تركز أساسا فى الفيزياء عالية الطاقة والأشعة الكونية Cosmic rays.

وتوفى إنريكو فيرمى عام ١٩٥٤، ولقد كان من ذلك النوع النادر من علماء الفيزياء الذين حققوا نتائج مهمة فى المجالين النظرى والتجريبى، مما جعله فى رأى البعض أعظم علماء الفيزياء قاطبة فى القرن العشرين.

وليسمح لنا القارئ بالعودة إلى النصف الثانى من القرن التاسع عشر. إذ وقتما كان بلانك شابا كانت الفيزياء علما عظيم الشأن. ولكن لم يكن من سبب لاعتباره الأهم أساسية دون جميع العلوم. وإذا كان ثمة مبحث علمى يقال إن له هذه المكانة فإنه الكيمياء. إذن كيف حدث أن وصلت الفيزياء إلى وضع جعلها العلم الأكثر أساسية أو ملكة العلوم؟ سوف نناقش هذا السؤال فى الفصل التالى.

-٣-

العلـــــم

الكيمياء بوصفها علما أساسيا

الكيمياء بوصفها علما - متمايزا عن السيمياء السحرية - أسسها روبرت بويل فى القرن السابع عشر وتطورت مع نهاية القرن الثامن عشر حتى بلغت ذروة عالية على يدى أنطوان لافوازييه Antoine Lavoisier. وكانت حياة لافوازييه قصيرة بسبب الجيلوتين أثناء الثورة الفرنسية. وبلغت الكيمياء مرحلة متقدمة مع فجر القرن التاسع عشر مما دعا همفرى دافى ولأسباب حقيقية يعتبرها العلم الأساسى أكثر من سواه من جميع العلوم. وهذا ما أكده دافى فى محاضراته ذائعة الصيت فى المؤسسة الملكية. وإليك بعض مقتطفات من محاضرته التى ألقاها فى ٢١ يناير/ كانون الثانى عام ١٨٠٢ (همفرى دافى، الأعمال الكاملة، مجلد ٢، ص٣١١):

"الكيمياء هى ذلك الجزء من الفلسفة الطبيعية وثيق الصلة بأنشطة الجسد وتأثيراتها على بعضها البعض بحيث يتغير ظاهرها بسبب ذلك وتنتفى فرديتها".

"موضوعات هذا العلم هى كل المواد الموجودة على ظهر الكوكب. إنها لا ترتبط فقط بالتغيرات الدقيقة فى العالم الخارجى التى تحدث يوميا وندركها بحواسنا، والتى تعجز لهذا السبب عن

التـأثيـر فى خـيـالنا. ولكنهـا ترتبط أيضـا بالتـغـيـرات العظيـمـة والاضطرابات العنيفة التى تحدث فى الطبيعة، والتى تقع نادرا وتثير فضولنا أو توقظ مشاعر الدهشة.

إن ظواهـر الاحـتـراق، أو تحلل مـواد مـخـتلفـة فى الماء، أو تأثيرات النار، وإنتاج المطر والبرد والثلج، وتحول المادة الجامدة إلى مادة حية بفضل الخضروات كل هذه الأمور تخص الكيمياء".

ويقول فى ص٣١٢

"التاريخ الطبيعى والكيمياء تجمع بينهما روابط وثيقة للغاية. وأدركنا حـينا أن الأول يعـالج الخـصـائص الخـارجـيـة العـامـة للأجسـام، وأن الثـانى يكشف ويوضح تكوينهـا البـاطنى ويؤكد الطبيعة الحميمة بين الاثنين. يدرس التاريخ الطبيعى الكائنات والمواد فى العـالم الخـارجى، خـاصـة فى أشكالهـا الدائمـة غيـر المتغيرة؛ بينما الكيمياء تدرسها من حيث قوانين التغيرات التى تطرأ عليها، وتطور وتفسر قواها الفاعلة والتأثيرات المميزة لهذه القوة".

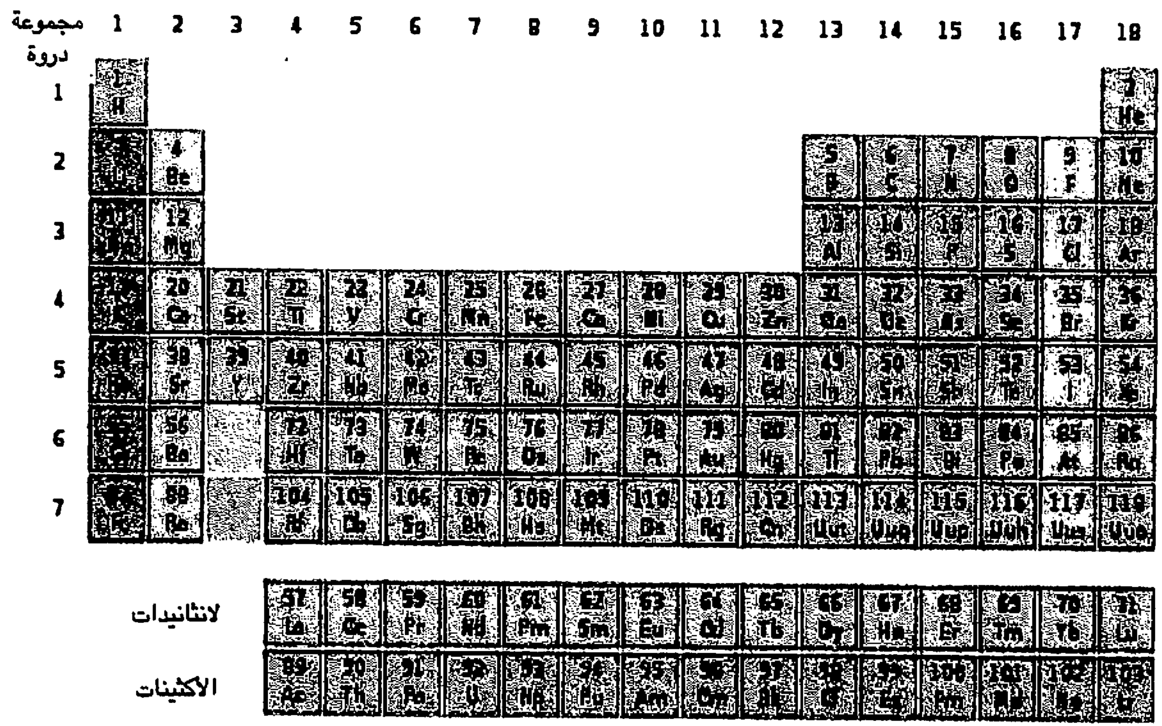
ويقول ص ٣١٣

"حتى إن علمى النبـات والحـيـوان هـمـا فـرعـان من التـاريخ الطبيـعى وإن كـانا مستقلين عن الكيمياء من حيث تصنيفهما المبدئى. بيد أنهما مرتبطان بها نظرا لأنهما يتعاملان مع تكوين وظائف الخـضـروات والحـيـوانات... واتسـاقـا مع هذه النظرة إلى الموضـوع، نرى أن الطب والفـسـيـولوجـيـا هذان العلمـان اللذان يربطان الحـفـاظ على صـحـة الإنسـان بفلسـفـة عمـيـقة عن تنظيم الطبيعة إنما استمدا، كما تبين واضحا عند البحث، من الكيمياء أكثر تطبيقاتهما العملية والكثير من التناظرات التى أسهمت فى إضفاء نظام وترتيب نسقى على حقائقهما المتناثرة".

ولنتذكر أن الشاب باستور اختار الكيمياء مجالا لدراسته لأنها العلم الذى يعتبره الباحثون بعامة أساس جميع العلوم. وحدث هذا قبل التطورات التى حولت الكيمياء من نشاط معملى نوعى فى الغالب الأعم يتعامل مع مصباح بنز والكؤوس ومزج الغازات والسوائل إلى علم كمّى يتعامل مع قياسات رقمية. وتحقق هذا التحول أساسا على يدى الفيلسوف الطبيعى الإنجليزى جون والتون بأن عزز الفكرة القديمة عن الذرات بأساسها العلمى الأول. وإذا كانت كل مادة أولية مؤلفة من جسيمات متطابقة -ذرات- ووزن معين، وإذا كان بالإمكان الجمع بين عنصرين محددين فى صورة مركبات عديدة مختلفة -مثل أكسيدات النيتروجين المختلفة- إذن حسبما أكد، فإن نسب وزنها لابد وأن يختلف وفق أعداد كلية صغيرة كما لوحظ فى الحقيقة. وأكثر من هذا أنه سيلزم تبعا لذلك أن المركب الكيميائى المؤلف من جزيئيات تشكلت من هذه الذرات، سوف يستلزم نسبا- أوزان لعناصره المكونة له والتى تعادل بالدقة نسب -أوزان الذرات. (الحقيقة أن نسب- الأوزان التى قيست ولازمة للمركبات هيأت معلومات عن نسب أوزان الذرات التى تؤلف جزيئات مركب بذاته كما تحقق فيما بعد). وجدير بالذكر أن تحول مبدأ ديموقريطس الفلسفى للذرات إلى فرض علمى هو ما جعل الكيميائيين يتناولون بالدراسة الغازات والسوائل والجوامد داخل معاملهم، وكذا دراسة اتحاداتها المختلفة مع الاعتماد بشكل متزامن على استخدام أدوات القياس والوزن الموجه للأوزان. معنى هذا بعبارة أخرى أن بالإمكان القول إن الباحثين الكيميائيين بدأوا يتحولون فى عملهم أكثر فأكثر إلى فيزيائيين.

التطور الثانى فى تحول الكيمياء هو نشر جدول العناصر الذى تم ترتيبه على أساس الأوزان الذرية atomic weight (الوزن الذرى لعنصر ما هو وزن ذرة واحدة من ذراته كمضاعف لوزن ذرة الأيدروجين). وهذا هو الجدول الذى وضعه عالم الكيمياء الروسى إيفانوفيتش مندليف Ivanovich Mendeleev عام ١٨٦٩. إذ اكتشف أن العناصر عند ترتيبها وفق أوزانها الذرية فإنها تكشف عن ترتيب دورى محدد لخواصها الكيميائية، من مثل التكافؤ Valence (التكافؤ يعنى الوسائل التى يمكن بها

للعناصر أن تتحد مع بعضها وتشكل بيئة متحدة). هذا علاوة على أن العناصر المتماثلة فى خواصها الكيميائية لها أوزان ذرية تكاد تكون واحدة، أو تتزايد بخطوات تدريجية. وعرض كل هذه التدرجات المنتظمة فيما عرف باسم الجدول الدورى الذى أثبتها جميعا تأسيسا على تدرج زيادة الوزن الذرى، والذى أوضح فى الوقت نفسه التتابع الدورى لخصائصها (شكل ٢-١).



شكل ٣-١ صيغة حديثة للجدول الدوري للعناصر عند مندلييف العناصر جاليوم (٣١) وجرمانيوم (٣٢) ولم يكونا معروفين وقتذاك ولكن مندلييف تنبأ عن صواب بخواصهما الكيميائية

وأن ما جعل جدوله مقنعا تماما هو واقع أنه اشتمل على عدد من الثغرات - أماكن اعتقد مندلييف أنه سوف تشغلها عناصر ذات خواص بيًنها فى جدوله ولكن غير معروف أن هذه المواد موجودة. وعندما تم اكتشافها لاحقا ومتطابقة خاصة مع الأوزان الذرية والقسمات الكيميائية لم يعد من سبيل لإنكار القيمة العظمى لاكتشاف مندلييف. وتقدمت الكيمياء لمسافات طويلة تجاوزت المرحلة التى كانت فيها فى أيام همفرى دافى وما زعمه من أنها العلم الأكثر أساسية دون العلوم الأخرى. وبدا أنه زعم له ما يبرره أكثر من أى وقت آخر. والمشكلة الوحيدة أن هاتين الفكرتين وثيقتا الصلة بالموضوع، ولا غنى عنهما شأن ذرات دالتون والجدول الدورى لمندلييف بالنسبة للكيميائيين ولكن لا يوجد لا الدليل المباشر ولا السبيل الذى يبررهما ونفهمهما.

كيف أصبحت الفيزياء العلم الأكثر أساسية

فى هذه الأثناء نجد أن علم الفيزياء الذى شهد ثورة فى القرن السابع عشر على أيدى كل من جاليليو جاليلى وإسحق نيوتن أصبح معنياً بحركة الأجسام والمواد التى تدفعها وتجذبها قوى من مثل الكواكب التى تجذبها الشمس وتجذب بعضها بعضا. وتعاملت الفيزياء أيضا مع حركة السوائل ومع الكهرباء والمغناطيسية والضوء. وهذه جميعها موضوعات بدت مهمة ولكنها ليست على وجه التقريب أساسية للعلوم الأخرى على نحو ما أكد دافى بالبراهين بالنسبة للكيمياء. والذى غير الأمر كله برمته هو اكتشاف أن الذرات ليست مجرد فروضا ذهنية مفيدة للكيمياء، بل إنها أساسية حتى للفيزياء، وأن خواصها الفيزيائية ستكون ذات دلالات مهمة لكل مبحث الكيمياء. وعندما شرع علماء الفيزياء الغوص فى داخل الذرات، ظهر أن الجدول الدورى له تفسير فيزيائى طبيعى. هذا علاوة على نتائج جديدة جعلت الكيمياء معتمدة اعتمادا كاملا على الفيزياء. وحدث أول هذه المكتشفات خلال القرن التاسع عشر وإن لم يحدث مرة واحدة كذلك ثانى هذه المكتشفات تحقق تدريجيا أثناء القرن العشرين.

والاكتشاف الخطير للجسيمات من حيث هى مكونات للغازات أفاد فى تفسير سلوكها الفيزيائى وهو الاكتشاف الذى بدأ بمحاولات لفهم طبيعة الحرارة؛ إذ فى بداية القرن التاسع عشر كانت النظرية السائدة عن الحرارة هى التى تقول إنها مؤلفة من سيال نافذ فى كل الأنحاء يسمى Caloric السيال الحرارى والذى بطبيعته ينبض من الأجسام الأدفأ إلى الأجسام الأبرد. وتأسيسا على عديد متنوع من الملاحظات والتجارب التى تثبت أن الحرارة يمكن توليدها بالاحتكاك، الثلج يذوب بالاحتكاك، ماسورة المدفع تتوهج مع سخونة شديدة أثناء صناعتها بسبب استخدام لقمة ثقب ضخمة... إلخ. ولكن نظرية السيال الحرارى بدأ إبدالها تدريجيا بالنظرية الحركية Kinetic Theory. إذ بدا واضحا أن الحرارة ليست سوى الحركة غير المنتظمة للجسيمات التى تتألف منها الغازات والسوائل بل والجوامد. ويمكن بالنسبة للغازات استخدام النظرية الحركية فى أنقى صورها؛ حيث لا حاجة لأى فروض أخرى لتفسير خواصها. ونذكر من بين هذه الفروض القوى التى تمسك الجوامد والسوائل ببعضها وتكسبها شكلا وهيئة على عكس الغازات. ولم يكن مطلوب أى شىء آخر سوى حركة الجسيمات التزاما بقوانين نيوتن لفهم درجة الحرارة والضغط وغير ذلك من قسمات مميزة لسلوك الغازات.

ولكن كان لا يزال هناك جانب واحد من علم الحرارة يصعب فهمه فى ضوء الجسيمات؛ إذ إنه لفهم وتفسير لماذا الحرارة لا تفيض من الجسم الأبرد إلى الأدفأ تم إدخال مفهوم الأنطروبيا entropy والقانون الثانى للديناميكا الحرارية الذى تم تفعيله باعتباره مبدأ فيزيائيا أسياسيا: أنطروبيا منظومة مغلقة -مثل الكون فى عمومه- لا يمكن أن تنقص. ولكن ما الذى يمكن أن تعنيه الأنطروبيا بالنسبة للجسيمات المؤلفة للمادة؟ أولا نعرف ألا شىء ضمن منظومة جسيمات تتحرك وفق قوانين الحركة عند نيوتن قابل للانعكاس. إذن كيف تكون لحركتها خاصية يمكن أن تزيد مع الوقت ولكن لا يمكن أن تنقص؟ أزاح هذا الغموض عالم الفيزياء النمساوى لودفيج بولتسمان.

رأى بولتسمان أن هدف حياته الأول ليس مجرد تفسير أصل نشأة القانون الثانى للديناميكا الحرارية فى ضوء سلوك الذرات، بل وأيضا إقناع العالم أن الذرات هى جسيمات حقيقية وليست مجرد نماذج مجردة صالحة للباحثين الكيميائيين والفيزيائيين. وحاول إنجاز الأول عن طريق أفكار احتمالية وإحصائية موضحا معنى الأنطروبيا فى ضوء احتمالية ترتيب معين للجسيمات ذات سرعات مختلفة فى حجم معين من الغاز. (لمزيد من التفاصيل انظر على سبيل المثال كتابى What Makes Nature Tick?). بيد أن معركة حياته كانت محاولته إقناع زملائه من العلماء أن الذرات واقع حقيقى وليست مجرد أمورا اختلقها خيال العلماء. إنها صغيرة جدا بحيث تصعب رؤيتها بالميكروسكوب ولم يحدث أن رأى أى إنسان ذرة.

ولقد كان علماء الفيزياء –الفيلسوف إرنست ماخ Ernst Mach المعارض الرئيسى لبولتسمان وماخ المعروف اليوم أساسا بالاسم المستعار لسرعة الصوت. وتأسيسا على فلسفة ماخ الوضعية (وقد كان أستاذا للفلسفة بجامعة فيينا) فإنه علم وجادل بشراسة ليؤكد أن علماء الفيزياء والكيمياء ليس لهم حق فى وضع افتراض نظرى يقضى بقبول وجود كيانات غير مرئية مثل الذرات أو الجزيئات باعتبارها أجزاء من الحقيقة لا لشىء سوى لأنها ملائمة لنظرياتهم. ولم يتسن حسم الجدل نهائيا إلا عندما تمت رؤية الآثار المترتبة على حركات جزيئات الماء فى صورة تصادمات مع جسيمات تراث دقيقة تحت الميكروسكوب. وسميت هذه الظاهرة الحركية باسم الحركة البراونية Brownian motion. وأمكن أولا حسابها بالدقة والتفصيل على يدى ألبرت أينشتين عام ١٩٠٥ كما أمكن بعد ذلك بقليل تأكيدها بالمشاهدة، ولكن بولتسمان الذى ظل حتى ذلك الوقت يعانى من إحباط نفسى لازمه طوال حياته انتحر.

وهنا، على وجه القطع واليقين يمكن الدفع بأن الفيزياء، العلم الذى فسر حركة الذرات والجزيئات، وبيان أنها جسيمات حقيقية والتى لا غنى عنها للباحثين الكيميائيين للعمل بها على هدى نظرياتهم، ما يؤكد أن الفيزياء علم أكثر أساسية من الكيمياء. والملاحظ فيما جرى خلال النصف الثانى من القرن أن الأحداث جعلت الكيمياء أكثر اعتمادا على الفيزياء.

ومع مطلع القرن العشرين اكتشف إرنست رذارفورد Ernst Ruthorford من خلال تجارب عبقرية أن الجزء الأكبر داخل الذرات هو فضاء فارغ، وطلب من مساعديه هانز جيجر Hans Geiger وإرنست مارسدن Ernst Marsden توجيه شعاع من جسيمات ألفا (أيونات الهليوم ذات شحنة إيجابية مضاعفة) إلى رقيقة ذهب مع الاهتمام الخاص للانتشار فى زاوية كبيرة. وكم كانت دهشتهم عظيمة إذ وجدوا أن بعضا من جسيمات ألفا انعكست بالفعل إلى الاتجاه الخلفى. وقال "كان أمرا يصعب تصديقه كأنك أطلقت قذيفة بطول خمس عشرة بوصة على قطعة ورق وارتدت لتصيبك أنت". وكان التفسير الوحيد الممكن هو أن كل كتلة ذرة ما متمركزة فى نواة دقيقة عالية الكثافة فى مركزها وتحتوى على شحنة كهربية موجبة وعدد من الإلكترونات المكتشفة حديثا الخفيفة للغاية وذات شحنة سالبة وتدور حولها مثل الكواكب حول الشمس والمنجذبة إلى النواة بقوة كهربية استاتيكية بدلا من الجاذبية. (وعددها لابد وأن يكون كافيا لتحييد الكل بدقة). ولكن هذه الصورة المثيرة للدهشة والجذابة حدسيا لشكل الذرة لم تكن متضاربة مع النظرية الكهرومغناطيسية التى قال بها ماكسويل ومقبولة ومؤكدة. ذلك لأن الإلكترونات الدوارة تشع ضوءا بالضرورة وعلى نحو ثابت وتفقد طاقة وتصطدم عند المركز. وأن مثل هذه الذرة لا يمكن أن تكون ثابتة. لهذا فإن الشاب الدانماركى مساعد رذارفورد ويدعى نيلز بور Niels Bohr وهو صاحب مزاج ثورى، حل المشكلة بأن افترض مقدما أن الإلكترونات فى مدارات معينة وذات شحنات محددة يمكنها أن تبقى دون إشعاع، سواء هذا خرق لنظرية ماكسويل أم لا. وهكذا بدأت ولادة نظرية الكم للذرة عام ١٩١٢ بعد سبع سنوات من تاريخ إطلاق أينشتين نظرية كم الضوء Quantum theory of light.

وتم استكمال قواعد الكم عند بور على أيادى كل من فيرنر هيزنبرج وإروين شرودنجر وبول ديراك لتأخذ صورة ما عرف بعد ذلك باسم ميكانيكا الكم (الكوانطا) وهكذا أصبح واضحا أن الجدول الدورى الذى قال به مندلييف يمثل نتيجة مباشرة للفيزياء الجديدة. إذ مثلما أن الشحنة الكهربية لنويات الذرات المتتابعة تزداد فى

الجدول، كذلك الحال بالنسبة لعدد الإلكترونات لكل منها فى داخلها. وكان لابد للمزيد والمزيد من هذه الإلكترونات أن تدور فى مدارات أكبر وأكبر. ذلك لأن وولفجانج بولى أضاف مبدأ الاستبعاد الذى حظر على أكثر من إلكترونين شغل أكثر من مدار واحد - ولا نريد أن نشغل أنفسنا هنا بالسؤال لماذا اثنين وليس واحدا والذى يتعلق بالدوران السريع للإلكترون -كما وأن الخواص الكيميائية لعنصر معين تعتمد اعتمادا كاملا على الإلكترونات الأبعد من المركز داخل ذراتها.

ومع الوقت أصبح داخل النواة عمليا موضوعا للبحث الفيزيائى، وقد تم اكتشاف النيوترون، جسيم محايد كهربى يختلف وزنه اختلافا صغيرا جدا عن وزن البروتون ذى الشحنة الموجبة؛ ونواة، الأيدروجين وأخف العناصر وزنا. وتبين أن النويات تتألف من الاثنين. وأن عدد البروتونات فى النواة لذرة معينة حددت وضع العنصر المقابل فى الجدول الدورى.. وهذا العدد مساو لعدد الإلكترونات حيث إن الشحنة الكهربية لإلكترون ما مساوية تماما ومعارضة من حيث العلامة لشحنة البروتون -هذا بينما العدد الإجمالى للنيوكليونات nucleon أى البروتونات والنيوترونات معا هو الذى حدد الوزن الذرى ليكون مضاعفا لوزن الأيدروجين الذى تتألف نواته من بروتون واحد. وأصبح واضحا أيضا أن عناصر كثيرة لها أكثر من نظير واحد أى أشكال لها خواص كيميائية متطابقة ومن ثم لا يمكن تمييزها بوسائل كيميائية. ولكن لها أوزانا ذرية مختلفة. وتحتوى نويات النظائر على عدد البروتونات نفسه - ومن ثم عدد الإلكترونات ذاتها فى الذرة وخواص كيميائية متطابقة- ولكن أعدادا مختلفة من النيوترونات. ويتألف الشكل الذى نجد عليه أكثر العناصر فى الطبيعة من أخلاط من العديد من نظائرها. ويفسر لنا هذا لماذا الأوزان الذرية لهذه الأخلاط ليست أعدادا صحيحة الأمر الذى أثار حيرة الكيميائيين زمنا طويلا.

ومع الوقت أصبحت معادلات ميكانيكا الكوانطا أو الكم هى عصب جميع الحسابات الأساسية عند الباحثين الكيميائيين خاصة بعد الجهد البارز للباحث الكيميائى لينوس بولنج Linus Pauling. إن كتابه (الذى ألف بالتعاون مع تلميذه إى.

بى. Wilson) وعنوانه Introduction to Quantum Mechanics with Application to Chemistry. كان واحدا من أسبق المؤلفات العلمية عن الموضوع الجديد. كذلك كتابه التالى وعنوانه: Nature of the Chemical Bond وهو الكتاب الذى حول الكيمياء تقريبا إلى مبحث فرعى للفيزياء. وأن هذه الأساليب المعقدة والدقيقة والمتضاعفة للطرق التى ترتبط بها العناصر المختلفة فى اتحاداتها المتنوعة والمهولة وضحت تماما أنها نتيجة تنظيم الإلكترونات وترتيبها داخل ذراتها والقوى الفيزيائية التى تمارسها مع بعضها. وأصبح بديهيا أن الفيزياء أقالت الكيمياء عن عرشها باعتبارها العلم الأكثر أساسية.

والحقيقة أنه بفضل وسائل ميكانيكا الكوانطا بلغت القوة التفسيرية للفيزياء أبعادا أحاطت بكل شىء. إن جميع الخواص الأخرى للجوامد وللسوائل بعيدة عن متناول الكيمياء، مثل الموصلية Conductivity الكهربية والحرارية، - وظواهر فرط السيولة Superfluidity وفرط الموصلية super conductivity فى حالة درجات الحرارة المنخفضة للغاية وكذا خواص شبه الموصلات Semiconductors - مواد توصل الكهرباء ولكن ليست مثل الموصلات المعروفة شأن النحاس أو الألومنيوم ولكنها ليست عوازل Insulator - كل هذه الظواهر أمكن تفسيرها فى ضوء النظرية الحديثة، وأكثر من ذلك أنه ومثلما أن نيوتن وسع فى مجال الفيزياء لتشمل نطاق الكواكب عن طريق تفسير مداراتها فى ضوء القوة الكونية للجاذبية، كذلك النظرية العامة للنسبية لأينشتين وسعت أفاق هذا المجال ليشمل النجوم والمجرات. إن سطوع الشمس وكذا بطء برودة سطح الكرة الأرضية (ولنتذكر أهمية ذلك لنظرية داروين عن التطور) أصبح كل هذا مفهوما بفضل الفيزياء النووية كذلك الحال بالنسبة للوفرة الزائدة التى شاهدناها فى جميع العناصر فى الكون. وإن التطور التاريخى الشامل للكون فى مجموعه بما فى ذلك امتداده مع الزمن هى ظواهر تم تفسيرها فى ضوء اتحاد النظرية العامة للنسبية، ونظرية المجال الكوانطى Quantum Field Theory والاكتشاف التجريبى لعدد كبير من الجسيمات الأولية المجهولة سابقا. وها هو المبحث الجديد للفيزياء الفلكية Astrophysics ودراستها للنجوم يعتمد بشكل وثيق على الاكتشافات التى أمكن

تحقيقها بفضل المسرعات الجسيمية Particle- accelerators فى أوروبا والولايات المتحدة. (انظر على سبيل المثال كتاب ليزا راندال الصادر حديثا بعنوان Knocking on Heaven's door).

والآن لم يعد يخالجنا شك فى أن الفيزياء من بين كل العلوم ليست فقط العلم صاحب القدرة الأعظم والأبعد أفقا، بل هى أيضا وبمعنى ما أن جميع العلوم الأخرى أضحت مباشرة أو على نحو غير مباشر وعن طريق الكيمياء تعتمد على الفيزياء بدرجات متفاوتة. وليس معنى هذا بطبيعة الحال أن علماء البيولوجيا يتعين عليهم تعلم نظرية المجال الكوانطى أو متابعة أحدث الاكتشافات عن المزيد من الجسيمات. ذلك المبحث الجديد الخاص بالفيزياء الحيوية biophysics يستخدم قدرا معينا فقط ومحددا للغاية من جوانب الفيزياء. بيد أن همفرى دافى أصاب تماما حين أصر على أن البيولوجيا إنما تعتمد بشكل أساسى على الكيمياء. والآن وقد أصبحت الكيمياء معتمدة على الفيزياء فإن البيولوجيا قد ورثت بالتالى هذه التبعية.

عن النزعة الاختزالية

الحجة التى عرضتها توا بدأت على يدى همفرى دافى وهو يؤكد أن الكيمياء كانت العلم الأساسى بمعنى أن عالم البيولوجيا يحتاج إليها لفهم علمهم. وتبع هذا ببيان أن المرء، بالنظر إلى التقدم فى الاكتشافات الفيزيائية الخاصة بالذرات، لا يسعه أن يستوعب بشكل كامل الكيمياء بدون الفيزياء. أو لنقل بعبارة أخرى إن البيولوجيا بمعنى ما تم اختزالها إلى الكيمياء، وأن الكيمياء اختزلت إلى الفيزياء. والملاحظ أن بعض المعلقين يصوغ لفظ النزعة الاختزالية Reductionism لهذا المسار للحجة ثم يهاجمونها ويصنعون صخبا شديدا فى هجومهم. ويؤكدون أن جميع مباحث العلوم ينبغى أن تؤلف كلا متسقا متناغما - بحيث إن كل مبحث علمى يكون مستقرا وملتزما بأسلوبه هو فى النظر إلى العالم دون الاعتماد على النتائج والاستنتاجات التى تتوصل إليها المباحث العلمية الأخرى. ويسمى هذا النهج النهج الكلى الشامل holistic المأخوذ من المصطلح الإغريقى لكلمة الكل.

وإنى أختلف. إن جوهر ما نعنيه بالتفسير هو أن نرد أو نختزل ظاهرة مكتشفة حديثا إلى ظواهر أخرى مفهومة من قبل أو أقل تعقيدا. نحن لا نفسر حدثا غريبا بإدخال كيان جديد غير مألوف أو أن ندعه يقف مستقلا. ولكن قد تكون فكرة جيدة أن نوضح ما يعنيه مثل هذا الاختزال وخصوصا ما لا يعنيه.

عرف تاريخ العلم أمثلة مشهورة ظن أثناءها الباحثون أن من الضرورى إدخال كيانات جديدة مختلفة لكى نحسن تقدير وفهم ظواهر معقدة معينة. ولعل أشهر هذه الظواهر الفكرة القديمة جدا مذهب القوة الحيوية Vitalism فى البيولوجيا والتى ترجع فى أصول نشأتها إلى الفلسفة المصرية القديمة؛ إذ افترضت بوصفها مسلمة أن كل شيء فى محيط الطبيعة الواسع له علاقة بالحياة إنما يتمايز على نحو أساسى عن المادة غير الحية بوجود قوة حيوية أصيلة وذاتية. وعادت هذه الفكرة إلى الحياة خلال القرن التاسع عشر، ولكن واحدا من ناقضيها، وهو الباحث الكيميائى فريدريش دوهلر Friedrich Wohler لم يستخدم سوى بعض المكونات غير العضوية ليركب منها مادة اليوريا وهى من فضلات المتعضيات الحية، ووصفها بقوله "قتل فرض جميل بواقع قبيح". وتلحظ أن بعض خصوم النزعة الاختزالية اليوم يعتبرون أى إلغاء للحاجة إلى نشر كيانات جديدة خاصة بمناطق محدودة للعلم هو إهدار مؤسف للطابع الخاص المميز لهذه المنطقة؛ إذا اختزلنا الكيمياء إلى الفيزياء، فإنها تفقد نهجها الخاص والمميز فى التفكير الذى ينبغى أن يكون جزءا من مبحث كلى شامل للعلم. بيد أن مثل هذا الخوف لا مبرر له.

ولنتأمل مثال فكرة الأنطروبيا التى أضافها الباحثون إلى الديناميكا الحرارية بغية التعامل مع ظاهرة اللاعكوسية Irreversibility؛ الحرارة تسرى من الجسم الساخن إلى الجسم البارد ولكن لا تسرى أبدا فى الاتجاه العكسى. ويقضى القانون الثانى للديناميكا الحرارية بأن بالنسبة للمنظومة المغلقة فإن الأنطروبيا التى تم تعريفها بمصطلحات الديناميكا الحرارية الخالصة يمكن أن تزيد ولا يمكن أبدا أن تنقص. وحاول بولتسمان رد الفكرة الغريبة الخاصة بالأنطروبيا إلى سلوك أى منظومة فيزيائية

مؤلفة من عدد كبير للغاية من الجسيمات كل منها يسلك وفق قوانين قابلة تماما للعكوسية ولكن تحول الأمر إلى أن المنظومة فى شمولها سلكت سلوكا لا عكوسيا.

هذه الظاهرة التى من هذا النوع حيث سلوك منظومة ما مؤلفة من كيانات نفهمها جيدا وتكشف عن قسمات جديدة وغير متوقعة فى ظروف خاصة معينة - وهى فى هذه الحالة، ضخامة عدد الجسيمات إلى أقصى حد- أصبح معروفا اليوم باسم الخاصية الطارئة emergent property. وتبين أن مثل هذه الخواص الطارئة ذات أهمية مميزة لفهم التعقد وفهم الكثير من القسمات الجديدة المميزة للمنظومات الفيزيائية المعقدة. ونعرف أن الظاهرة الغريبة المكتشفة حديثا وهى ظاهرة الموصلية الفائقة أمكن تفسيرها بواسطة أزواج كوبر Cooper Pairs؛ كيانات طارئة يجرى تفسيرها فى ضوء توصيل الإلكترونات المتحركة فى درجة حرارة منخفضة للغاية داخل البنية الشبكية للجزيئات التى تؤلف معدنا. ونرى أن الفكرة المهمة للخواص الطارئة تفيد بوصفها تفسيرا فقط إذا ما فهمنا الخواص غير المتوقعة عادة على أساس ما هو معروف لنا مسبقا، ولكن إذا وضعناها فقط مسلمة لهذه الحالة فقط فإنها لن تكون أفضل من افتراض معجزة.

ويوضح وجود الخصائص الطارئة أن اختزال مبحث ما للظواهر إلى مبحث آخر لا يسلب بالضرورة هذا المبحث طابعه المميز. إن بولتسمان لم يدمر الديناميكا الحرارية، وأن اختصاصيين فى الديناميكا الحرارية لا يزالون يستخدمون أسلوبهم الخاص شديد الفعالية فى فهم ظواهر مجالهم والتعامل معه. وأكثر من ذلك أن الديناميكا الحرارية تظل جزءا موحدا مع الفيزياء، وكذلك بالمثل نجد أن الباحثين الكيميائيين ليسوا محرومين من أدواتهم الكيميائية الخاصة لا لشىء سوى أن عليهم فى نهاية المطاف الاعتماد على الفيزياء من أجل فهم أساسى وإجراء حسابات تفصيلية. وليس مطلوبا من الباحثين البيولوجيين التخلى عن أى من استبصاراتهم وثيقة الصلة بالحياة لواقع أن الكيمياء والفيزياء يمثلان قاعدة علمهم، إن باستور لم يعقه الاعتماد على معارفه فى مجال الكيمياء لإنجاز الكثير من استبصاراته الطبية. وكذلك لم يفقد لينوس بولنج حدسه الكيميائى العجيب بسبب فهمه للطبيعة الأساسية

للرابطة الكيميائية فى ضوء ميكانيكا الكوانطا. (وفى الحقيقة عندما تسابق فرنسيس كريك Francis Crick وجيمس وطسون James Watson ليكونا أول من يفسر البنية الكيميائية لجزىء الدنا DNA الذى يمثل القاعدة الأساسية الأولى للحياة، ولقد كان أقرب منافس لهما لينوس بولنج وهو كيميائى أولا وأساسا. وللاطلاع على مثال آخر جيدا انظر الكتاب الصادر أخيرا تحرير سلون وفوجل Sloan & Fogel وعنوانه Creating a Physical Biology.

وطبيعى أن بعض أبناء بحث علمى ما يمكن أن يسيؤوا استخدام الاختزالية لغرض إظهار أنفسهم وكأنهم أكثر تفوقا فكريا عن سواهم. (انظر الفصل الثالث المعنون: صيحتا تهنئة للنزعة الاختزالية فى الكتاب ذائع الصيت تأليف ستيفن واينبرج Steven Weinberg وعنوانه Dreams of A Final Theory حيث تقرأ مناقشة لهذه الظاهرة). وأيا كان الأمر فإن الفكرة القائلة إن الاختزالية تحد من حرية السبل المتلائمة بخاصة للحدس فى المباحث الفردية إنما هى فكرة أسيء فهمها. إنها تخفى وراء عتمة الغموض ما تريد أن تضفى عليه النور، وأن النظرة الكلية الشاملة holism فى العلم هى مذهب فلسفى غير ذى قيمة توضيحية.

وها نحن قد وصلنا إلى الاستنتاج الختامى وهو أن العلم الأكثر أساسية، أى المبحث العلمى الذى يملك أرحب الآفاق وأعمق القواعد والأسس إنما هو الفيزياء. إنه يتسع من فهم الجسيمات الأساسية الموجودة فى العالم وصولا إلى تطور الكون، ويشكل الأساس الذى تستقر عليه الكيمياء والبيولوجيا. وأن ممارسى الفيزياء، أى علماء الفيزياء لديهم الحق للنظر وفى نفوسهم رهبة إلى عظمة الطبيعة وضخامتها والشعور بالتواضع إزاء المساهمة فى تفسيرها.

إن العلم والرياضيات من بين أعظم إنجازات العقل البشرى. وبعد قرون من الآن دعونا نعقد الأمل بألا نخلف وراءنا أطلال البنتاجون (وزارة الدفاع الأمريكية) فى واشنطن وكأنها المعادل للبارثينون فى أثينا. وأتوقع أن مباحثنا فى الرياضيات والعلوم، المؤسسة على الفيزياء قاعدة لها، وليست ذكريات الحرب، هى التى سوف تثير الإعجاب زمنا طويلا بعد رحيلنا.

المراجع

Cliff, Nigel, *Holy War: How Vasco da Gama's Epic Voyages Turned the Tide in a Centuries-Old Clash of Civilizations.* New York: Harper Collins Publ. Co., 2011

Darwin, Charles, *The Annotated Origin: A Facsimile of the First Edition of the Origin of Species.* (Annotated by James T. Costa). Belknap Press of Harvard University Press, 2009

Debré, Patrice, *Louis Pasteur.* The Johns Hopkins University Press, 1998

Fermi, Laura, *Atoms in the Family: Life with Enrico Fermi, Architect of the Atomic Age.* University of Chicago Press, 1954

Grant, Edward, *A History of Natural Philosophy: From the Ancient World to the Nineteenth Century.* Cambridge University Press, 2007

Heilbron, J. L., *The Dilemmas of an Upright Man: Max Planck as Spokesman for German Science.* University of California Press, 1986

Holmes, Richard, *The Age of Wonder: How the Romantic Generation Discovered the Beauty and Terror of Science.* New York: Pantheon Books, 2008

Iltis, Hugo, *Life of Mendel.* (translated by Eden and Cedar Paul), New York: Hafner Publishing Co., 1966

Knight, David, *Humphry Davy: Science and Power.* Oxford: Blackwell Publishers, 1994

Levathes, Louise, *When China Ruled the Seas: The Treasure Fleet of the Dragon Throne 1405–1433,* New York: Simon & Schuster, 1994

McCalman, Ian, *Darwin's Armada: Four Voyages and the Battle for the Theory of Evolution.* New York: W. W. Norton & Co., 2009

Newman, William R., *Atoms and Alchemy: Chymistry & the Experimental Origins of the Scientific Revolution.* University of Chicago Press, 2006

Newton, Roger G., *What Makes Nature Tick?* Harvard University Press, 1993

Newton, Roger G., *The Truth of Science: Physical Theories and Reality.* Harvard University Press, 1997

Randall, Lisa, *Knocking on Heaven's Door: How Physics and Scientific Thinking Illuminate the Universe and the Modern World.* New York: Harper Collins Publ. Co., 2011

Sloan, P. F. and B. Fogol, editors, *Creating a Physical Biology: The Three Man Paper and Early Molecular Biology*. University of Chicago Press, 2011

Sootin, Harry, *Gregor Mendel: Father of the Science of Genetics*. New York: The Vanguard Press, In., 1959

Terrall, Mary, *The Man Who Flattened the Earth: Maupertuis and the Sciences of the Enlightenment*. Chicago: University of Chicago Press, 2002

Thomas, John Meurig, *Michael Faraday and the Royal Institution: The Genius of Man and Place*. Bristol: Adam Hilger, 1991

Tyndall, John, *Faraday as a Discoverer*. New York: Thomas Y. Crowell Co., 1961

Weinberg, Steven, *Dreams of a Final Theory*. New York: Pantheon Books, 1992

Williams, L. Pearce, *Michael Faraday: A Biography*, New York: Da Capo Press, Inc., 1965

الرسوم التوضيحية
ومصادر إجازتها

Figure 1.1:	From L. Levathes, *When China Ruled the Seas*, p. 21.
Figure 1.2:	US Naval Historical Center Photograph, from geology.com.
Figure 1.3:	From Holmes, *The Age of Wonder*, page facing page 141.
Figure 2.1:	From Wikipedia.org.
Figure 2.2:	From Iain McCalman, *Darwin's Armada*.
Figure 2.3:	From history.nih.gov/exhibits/nirenberg/popup_htm/01_mendel.htm
Figure 2.4:	From Hugo Iltis, *Life of Mendel*, plate XII.
Figure 2.5:	Photograph by Pierre Lamy Petit. Wikimedia Commons.
Figure 2.6:	Image Albumen silver print on card taken by Patrice Debr Petit, Harvard Art Museum.
Figure 2.7:	Picture at the Royal Institution; from L. Pierce Williams, *Micheal Faraday*, plate 14a.
Figure 2.8:	From J. M. Thomas, *Michael Faraday and the Royal Institution*, p. 32.
Figure 2.9:	From J. M. Thomas, *Michael Faraday and the Royal Institution*, p. 47.
Figure 2.10:	From Scientistsinformation.blogspot.com.
Figure 2.11:	From Los Alamos Photo Laboratory/Science Photo Library. Portrait of Enrico Fermi (1901–1954) the Italian–American physicist who contributed much to the field of quantum statistical mechanics.

مسرد المصطلحات والأعلام

التنجيم	Astrology
التأثير عن بعد	Action at adistance
الحيوانيات -المتعضيات الهوائية	Aerobes
السيمياء	Alchemy
أمبير، أندريه مارى	Ampere, Andre Marie
أموندسن، رولد	Amundsen, Roald
المتعضيات اللاهوائية	Anaerobes
الجمرة الخبيثة	Anthrax
المطهرات	Antiseptics
الدائرة القطبية	Arctic Circle
المحيط المتجمد	Arctic Ocean
الفيزياء الفلكية	Astrophysics
لا تماثلى	Asymanetrical
الفيزياء الذرية	atomic physics
الوزن الذرى	atomic weight
معقام (جهاز تعقيم بالبخار المضغوط)	Autoclave
حضارة الأزتيك	Aztecs
غواصة الأعماق	Bathyscaphe
كرة الأعماق	Bathysphere

Beebe. Charles William	بيب، شارلس وليام
beta decay	الانحلال البائى -انحلال بتا
beta-radioactivity	النشاط الإشعاعى بيتا
Bhagavad Gita	البهاجافادجيتا (كتاب الهندوس المقدس)
Big Dipper	الدب الأكبر
Boltzman. Ludwig	بولتسمان، لودفيج
Boyle. Robert	بويل، روبرت
Brownian motion	الحركة البراونية
Bruno. Giordano	برونو، جيوردانو
Buddha	بوذا
Buddhism	البوذية (عقيدة دينية)
Chromosomes	كروموزومات/ صبغيات
Columbus. Christopher	كولومبوس، كريستوفر
Conductivity	الموصلية
Conductivity Super	فرط الموصلية
Constellation	برج سماوى = مجموعة الكوكبات
Copernicus	كوبرنيك
Cosmic rays	أشعة كونية
Cosmology	كوزمولوجى - الكون
Cowbox	الفاكسيتيا (مرض جلدى)
Crick. Francis	كريك، فرنسيس
Cryptography	فك الشفرات
Crystallography	علم البلوريات
Da Gama. Vasco	دا جاما، فاسكو
Dalton. John	دالتون، جون

Darwin, Charles	داروين، شارلس
Davy, Humphry	همفرى، دافى
Diamagnetic	الديامغناطيسى
Dirac, Paul	ديراك، بول
Doppler effect	ظاهرة دوبلر
Eddington, Arthur	أدنجتون، أرثر
Einstein, Albert	أينشتين، ألبرت
Electrolysis	التحليل الكهربائى
electromagnetic induction	الحث الكهرومغناطيسى
electromagnetic rotation	الدوران التناوبى الكهرومغناطيسى
Entropy	الإنطروبيا
Farady, Michael	فاراداى، ميشيل
Fermi, Enrico	فيرمى، إنريكو
Fermions	الفرميونات
ferromagnetic	عالية النفاذية المغناطيسية
Fitzroy, Robert	فيتزروى، روبرت
Frequency distribution	تواتر التوزيع
Galileo Galilei	جاليليو جاليلى
Gemini or the Twins	التوأمان (برج سماوى)
general Relativity	النسبية العامة
Geometric Pole	القطب الهندسى
Heisenberg, Werner	هيزنبرج، فيرنر
Homo sapiens	الهومو سابينس (الإنسان العاقل)
Hooker, Joseph	هوكر، جوزيف
Huxley, Thomas	هكسلى، توماس

Hybridization	تهجين
hydrophobic	رهاب الماء (مرض)
Incas	الإنكا، حضارة
Independent assortment	مبدأ التصنيف المستقل (قانون مندل الثانى)
Insulator	عوازل
Irreversibility	اللاعكوسية
Isotopes	نظائر
Jainism	اليانية (مذهب دينى)
Kinetic Theory	النظرية الحركية
Lavoiser, Antoine	لافوازيه، أنطوان
Law of Conservation of energy	قانون بقاء الطاقة
Mach, Ernst	ماخ، أرنست
magnetic chemistry	الكيمياء المغناطيسية
Magnetic north pole	القطب المغناطيسى الشمالى
Medawar, Peter	ميداوار، بيتر
Mendel, Gregor	مندل، جريجور
Mendel's law segregàlion	قانون الفصل عند مندل
Mendeleev, Dimitri Ivanovich	مندلييف، ديمترى إيفانوفيتش
neutrino	نيوترينو
neutron	النيوترون
nuclear fission	انشطار نووى
Nuclear physics	الفيزياء النووية
Nuclear reactor	مفاعل نووى
Nucleon	النيوكلون
Orsted, Hans Christian	أورستد، هانز كريستيان

Paleontology	علم الإحاثة
Paramagnetic	البارا مغناطيسى
Particle- accelerators	المسرعات الجسيمية
Particle physics	الفيزياء الجسيمية
Pasteurization	البسترة
Pauli exclusion principle	مبدأ بولى للاستبعاد
Pauli, Walfgang	بولى، وولنجانج
Photons	فوتونات
Planck, Max	بلانك، ماكس
Planck's Contant	ثابت بلانك
Planck's Law	قانون بلانك
Polarimeter	المقطاب
Polarization	استقطاب
Quantum Mechanics	ميكانيكا الكوانطا (أو الكم)
Recessive trait	سمة متنحية
Reductionism	النزعة الاختزالية
Reductionism	الاختزالية
Relativity theory	نظرية النسبية
Ross, James Clark	روس، جيمس كلارك
Rutherford, Ernest	رازرفورد، أرنست
Semi-Conductors	أشباه الموصلات
Sericulture	مزارع تربية دودة القز وصناعة خام الحرير
Sex cells	خلايا الجنس
Special Theory of Relativity	نظرية النسبية الخاصة
Spontaneous generation	التوالد الذاتى

Statistical mechanics	الميكانيكا الإحصائية
Stereo-Chemistry	الكيمياء المجسمة
Super fluidity	فرط السيولة
Taoism	الطاوية
Thermodynamics	الديناميكا الحرارية
Transuranic elements	عناصر ما وراء اليورانيوم
Ursa Magor	الدب الأكبر
Vaccine	لقاح
Wallace, Alfred Russel	ولاس، ألفريد رسل
Watson, James	وطسون، جيمس
Wien Law	قانون فيين
Wohler, Friedrich	ووهلر، فريدريتش
Zheng He	جنج خى
Zhu Di	جو دى

المؤلف في سطور :

روجر جي. نيوتن

باحث علمى

مَعْنِي بتبسيط العلوم وقضايا العلوم وتاريخ العلم للمثقف العام

من مؤلفاته:

- The Science of Energy 2012.
- Scattering Theory of Waves and Particles: 2013.
- The Truth of Science: Physical Theories and Reality, 1997.
- From Clockwork to Crapshoot A History of Physics, 2007.
- What Makes Nature Tick?, 1993.
- Galileo' Pendulum: from the Rhythm of time to the Making of Matter, 2005.
- Thinking About Physics, 2000.
- How Physics Confronts Reality: Einstein was Correct, But Bohr won the Game, 2009.

المترجم فى سطور :

شوقى جلال

- من مواليد ٣٠ أكتوبر ١٩٣١ - القاهرة.
- عضو المركز القومى للترجمة فى القاهرة - لجنة الترجمة.
- عضو سابق بالمجلس الأعلى للمعهد العالى العربى للترجمة؛ جامعة الدول العربية بالجزائر.
- عضو المجلس الأعلى للثقافة فى القاهرة - لجنة قاموس علم النفس فى السبعينيات.
- حاصل على جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمى - فرع الترجمة ١٩٨٥ .
- له أربعة عشر مؤلفا من بينها: الشك الخلاق فى حوار مع السلف، أركيولوجيا العقل العربى، التراث والتاريخ، الفكر العربى وسوسيولوجيا الفشل، الترجمة فى العالم العربى: الواقع والتحدى.
- له أوراق بحث فى ندوات ومؤتمرات ومقالات ثقافية فكرية فى الصحف والمجلات العربية.
- له أكثر من ٥٠ كتابا مترجما منها: رواية: المسيح يصلب من جديد بقلم: نيقوس كازانتزاكيس)، الثقافات وقيم التقدم (مجموعة من العلماء)، فكرة الثقافة (تأليف تيرى إيغلتون)؛ تاريخ العلم (تأليف جون جريبين).

التـصحيح اللغوى: سـارة حـامـد

الإشـراف الفنـى: حـسـن كـامـل